

UNIVERSIDAD TÉCNICA NACIONAL
SEDE DE ATENAS

ÁREA DE TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

EVALUACIÓN DE LA VIABILIDAD TÉCNICA DEL APROVECHAMIENTO DE LA
CASCARILLA Y CÁSCARA DE CACAO (*THEOBROMA CACAO*) EN LA
ELABORACIÓN DE PRODUCTOS ALIMENTARIOS

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR EL GRADO
DE LICENCIATURA EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

SUSANA GABRIELA RODRÍGUEZ LÓPEZ
YOSELYN MARÍA VARGAS BARRANTES

ATENAS, COSTA RICA
2022

DECLARACIÓN JURADA

Yo, Susana Gabriela Rodríguez López, portadora de la cédula de identidad número 1-1648-0543 y Yoselyn María Vargas Barrantes, portadora de la cédula de identidad número 2-0737-0193, estudiantes de la Universidad Técnica Nacional (UTN) en la carrera de Ingeniería en Tecnología de Alimentos, conocedoras de las sanciones legales con que la Ley Penal de la República de Costa Rica castiga el falso testimonio y el delito de perjurio que pueda ocasionarse ante el(la) director(a) de carrera y quienes constituyen el Tribunal Examinador de este trabajo de investigación, juramos solemnemente que este trabajo de investigación es una obra original respetando las leyes y que ha sido elaborado siguiendo las disposiciones exigidas por la Universidad Técnica Nacional (UTN), así como con los derechos de autor.

En fe de lo anterior, firmamos en la ciudad de Atenas, a los 11 días del mes de agosto del 2022.

Susana Gabriela Rodríguez López

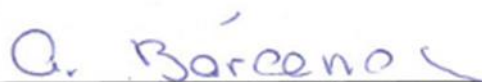
1-1648-0543

Yoselyn Vargas Barrantes

2-0737-0193

HOJA DE APROBACIÓN

Este Trabajo Final de Graduación fue aprobado por el Tribunal Evaluador como requisito parcial para optar al grado de Licenciatura en Ingeniería en Tecnología de Alimentos.



Ana María Bárcenas Parra
Directora de carrera



Adrián Roda Brenes
Tutor



Carolina Herrera González
Lectora



Angie Blanco González
Lectora

DEDICATORIA

Esta tesis la queremos dedicar, primero, a Dios, por darnos salud, sabiduría y por dejarnos culminar con éxito este proyecto.

También la dedicamos a Gloriana Venegas Méndez, quien desde el cielo nos da fuerza para seguir adelante, una de las personas más especiales e importantes que nos acompañó durante este proceso; quien, sin duda, nos enseñó con su paso por esta vida, a luchar por lo que se quiere, sin importar las diferentes adversidades que se presentan en el camino.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por guiarnos, darnos la sabiduría a lo largo de toda la carrera universitaria, en especial en este proyecto de tesis y por la fortaleza en aquellos momentos de dificultad.

A nuestras familias, por apoyarnos siempre, confiar en nosotras y recordarnos a cada momento que somos capaces de lograr todas nuestras metas.

A Jorge, por permitirnos realizar este proyecto con ellos y por brindarnos su confianza y apoyo.

Al personal de la Universidad Técnica Nacional de la sede de Atenas, por la formación, apoyo y compartir a lo largo de la carrera universitaria.

TABLA DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN JURADA	ii
HOJA DE APROBACIÓN	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS	v
TABLA DE CONTENIDOS	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
RESUMEN	xiv
CAPÍTULO I. INTRODUCTORIO	1
1.1. Introducción	2
1.2. Área de estudio.....	3
1.3. Delimitación del problema.....	3
1.4. Justificación	6
1.5. Antecedentes	7
1.6. Objetivos	10
1.6.1. Objetivo general.....	10
1.6.2. Objetivos específicos	10
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	11
2.1. El cacao	12
2.1.1 Descripción botánica	14
2.1.2. Variedades.....	16
2.1.2.1. Cacao criollo.....	16
2.1.2.2. Cacao forastero	16

2.1.2.3. Cacao híbrido o trinitario	17
2.1.3 Desarrollo del cultivo en Costa Rica	18
2.2. Procesamiento del cacao.....	20
2.2.1. Fermentación.....	21
2.2.2. Secado.....	23
2.2.3. Almacenamiento	23
2.3. Cascarilla de cacao.....	24
2.3.1 Usos de la cascarilla de cacao	27
2.3.2. Análisis fisicoquímicos	28
2.3.2.1. Humedad	28
2.3.2.2. Proteína	29
2.3.2.3. Grasa.....	30
2.3.2.4. Fibra alimentaria.....	30
2.3.2.5. Carbohidratos.....	31
2.3.2.6. Análisis microbiológico	31
2.3.2.6.1 Recuento total aerobio mesófilo	33
2.3.2.6.2. Mohos y levaduras	33
2.3.2.6.3 Micotoxinas	33
2.3.2.6.4. E.Coli.....	34
2.3.2.6.5. Salmonella.....	34
2.4. Cáscara de cacao	35
2.4.1. Pectina.....	35
2.4.1.1. Características de la pectina	37
2.4.1.2. Principales usos de la pectina	37

2.4.2. Extracción de pectina en la cáscara de cacao.....	38
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO	40
3.1. Modalidad	41
3.2. Enfoque y tipo de investigación	41
3.3. Fuentes de información	42
3.4 Materiales y equipos	42
3.5. Variables	43
3.6. Extracción de solución péctica de la cáscara de cacao	45
3.6.1. Cáscara de cacao.....	45
3.6.2 Equipos y reactivos.....	45
3.6.3. Análisis de plaguicidas.....	46
3.6.4. Proceso de extracción de la solución péctica de la cáscara de cacao	46
3.6.5. Elaboración de mermelada de piña	48
3.6.6. Evaluación del poder gelificante de la solución péctica en mermelada	49
3.6.6.1. Viscosidad de la mermelada.....	49
3.6.6.2. pH de la mermelada	50
3.6.6.3. Brix de la mermelada.....	50
3.7 Características bromatológicas y microbiológicas de la cascarilla de cacao	50
3.7.1. Cascarilla de cacao	50
3.7.2. Análisis fisicoquímicos	51
3.7.2.1. Grasa.....	51
3.7.2.2. Humedad	52
3.7.2.3. Cenizas	52

3.7.2.4. Fibra alimentaria.....	52
3.7.2.5. Proteína.....	53
3.7.2.6. Carbohidratos.....	53
3.7.2.7. Vitaminas.....	53
3.8. Análisis microbiológico de la cascarilla de cacao.....	54
3.8.1 Análisis de micotoxinas.....	55
3.9. Elaboración de propuestas de pajillas comestibles.....	55
3.9.1. Descripción del proceso de formulación A de pajillas comestibles con de cascarilla.....	56
3.9.2. Descripción del proceso de formulación B de pajillas comestibles a base de cascarilla.....	57
3.9.3. Descripción del proceso de formulación C de pajillas comestibles a base de cascarilla.....	58
3.9.4. Descripción del proceso de la formulación D de pajillas comestibles a base de cascarilla de cacao.	58
3.10. Propuesta de barrita comestible para el aprovechamiento de la cascarilla de cacao	59
3.10.1. Descripción del procedimiento de barritas comestibles a base de cascarilla de cacao	60
CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	62
4.1. Extracción de solución péctica de la cáscara de cacao	63
4.1.1 Análisis de plaguicidas para la cáscara de cacao.....	63
4.1.2. Funcionalidad de extracción y uso de solución péctica de la cáscara de cacao	64
4.1.3 Comparación de la solución péctica y pectina comercial en mermelada de piña.....	66

4.2. Características bromatológicas y microbiológicas de la cascarilla de cacao	71
4.2.1 Análisis fisicoquímicos para la cascarilla de cacao	71
4.2.2 Análisis microbiológicos para la cascarilla de cacao	74
4.3 Propuesta de uso de la cascarilla de cacao	78
4.3.1. Propuesta de pajillas comestibles con cascarilla de cacao	79
4.3.2. Propuesta de barrita comestible con cascarilla de cacao	92
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	98
5.1. Conclusiones	99
5.2. Recomendaciones	100
REFERENCIAS	102
APÉNDICES	111
Apéndice 1. Registro de cálculos	112
Apéndice 2. Registro de resultado del análisis de plaguicidas en cáscara de cacao	114
Apéndice 3. Registro de resultado del análisis de plaguicidas en cáscara de cacao	115
Apéndice 4. Registro de resultado del análisis de micotoxinas en cascarilla de cacao	115
Apéndice 5. Resultados de análisis microbiológicos prueba 1 para cascarilla de cacao	116
Apéndice 6. Resultados de análisis microbiológicos prueba 2 para cascarilla de cacao	117
Apéndice 7. Resultados de análisis microbiológicos para barrita nutricional ...	118
Apéndice 8. Equipo para la obtención de cascarilla en Iguana chocolate	119
Apéndice 9. Resultado de fibra alimentaria en la barrita nutricional	120

Apéndice 10. Resultado de proteína en la barrita nutricional.....	120
Apéndice 11. Pectina comercial de alto metoxilo utilizada para la comparación	121
Apéndice 12. Cálculo de diferencia porcentual relativa (RPD) de las réplicas para el análisis de humedad	121
ANEXOS	123
Anexo 1. Carta de revisión filológica.....	124

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Generalidades del cacao	13
Tabla 2. Producción de toneladas de cacao en Costa Rica.....	19
Tabla 3. Caracterización fisicoquímica de la cascarilla de cacao según autores. 26	
Tabla 4. Definición y operacionalización de variables.....	44
Tabla 5. Rendimiento de la obtención de la solución péctica de la cáscara de cacao	65
Tabla 6. Formulación de mermelada con pectina comercial	66
Tabla 7. Formulación de mermelada con solución péctica	67
Tabla 8. Resultados de la mermelada con pectina comercial versus solución péctica	69
Tabla 9. Caracterización química de la cascarilla de cacao.....	71
Tabla 10. Resultados de análisis de microbiología en la cascarilla de cacao	74
Tabla 11. Resultados de microorganismos entre cascarilla almacenada y cascarilla fresca	76
Tabla 12. Formulación A de pajilla comestible a base de cascarilla de cacao	79
Tabla 13. Formulación B de pajillas comestibles a base de cascarilla de cacao ..	82
Tabla 14. Formulación C de pajillas comestibles a base de cascarilla de cacao ..	85
Tabla 15. Formulación D de pajillas comestibles a base de cascarilla de cacao ..	88
Tabla 16. Formulación de barras comestibles a base de cascarilla de cacao.....	92
Tabla 17. Resultado del contenido de fibra alimentaria y proteína en la barra comestible con cascarilla de cacao.....	95
Tabla 18. Resultado de los análisis microbiológicos en la cascarilla de cacao fresca versus barra nutricional	96
Tabla 19. Análisis de microorganismos patógenos para la barra nutricional con la cascarilla de cacao.....	97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Partes del fruto del cacao.....	14
Figura 2. Diagrama de flujo del procesamiento del cacao.....	21
Figura 3. Etapas del cacao para la producción de chocolate	24
Figura 4. Representación de la cascarilla de cacao	25
Figura 5. Diagrama de flujo de extracción de solución péctica de la cáscara de cacao	48
Figura 6. Solución péctica obtenida de la cáscara de cacao.....	64
Figura 7. Mermeladas elaboradas con pectina comercial y solución péctica obtenida	67
Figura 8. Comparación visual de la mermelada con solución péctica y pectina comercial.....	68
Figura 9. Diagrama de flujo de la formulación A de pajillas comestibles con cascarilla de cacao	80
Figura 10. Resultado de la pajilla con la formulación A.....	81
Figura 11. Diagrama de flujo de formulación B de pajillas comestibles a base de cascarilla de cacao.....	83
Figura 12. Resultado de la pajilla para la formulación B	84
Figura 13. Diagrama de flujo de formulación C de pajillas comestibles a base de cascarilla de cacao.....	86
Figura 14. Resultado de la pajilla de la formulación C	87
Figura 15. Diagrama de flujo de formulación D de pajillas comestibles a base de cascarilla de cacao.....	89
Figura 16. Resultado de la pajilla de la formulación D	90
Figura 17. Diagrama de flujo de barritas comestibles a base de cascarilla de cacao	93
Figura 18. Resultados de pasta para la barrita nutricional con cascarilla de cacao	94

RESUMEN

En este proyecto se evaluó la viabilidad del aprovechamiento de la cáscara y cascarilla de cacao para la elaboración de productos alimenticios. De la cáscara de cacao se buscó extraer una solución péctica, mediante un método de fácil aplicación, el resultado de esa extracción se sometió a una comparación con pectina comercial en la elaboración de mermelada de piña. La comparación de la sustancia péctica extraída de la cáscara y la pectina comercial fue aceptable, puesto que ambas presentaron características similares tanto visualmente como en las pruebas de pH, viscosidad y °Brix.

Se realizó la determinación de las características bromatológicas y microbiológicas de la cascarilla, mediante análisis de laboratorio con el fin de conocer sus propiedades como materia prima. Se hizo la propuesta de uso de la cascarilla de cacao como materia prima en los prototipos de pajillas y barrita comestible.

En la caracterización de la cascarilla de cacao, se obtuvo como principal resultado que es un producto fuente de fibra alimentaria y proteína de acuerdo con lo establecido por el Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 67.01.60:10 (2012).

En la propuesta de las pajillas comestibles, se realizaron cuatro formulaciones diferentes, sin embargo, ninguna de estas fue aceptada, puesto que no cumplió con su funcionalidad. Por el contrario, las barritas comestibles tienen como resultado ser fuente de fibra y proteína.

CAPÍTULO I. INTRODUCTORIO

1.1. Introducción

Se estima que, en Costa Rica, la actividad cacaotera representa una alta demanda para el desarrollo de negocios, en términos económicos, sociales y ambientales. La industria cacaotera ha ayudado económicamente a familias costarricenses llevando iniciativas emprendedoras, donde los productos de alto valor sobresalen a nivel nacional e internacional.

En la transformación del cacao en chocolate, se obtienen los residuos de cáscara y cascarilla, con las cuales se puede elaborar productos de alto valor para la industria alimentaria, por ejemplo, la elaboración de harina a partir de la cáscara (Gutiérrez y López, 2018, p. 13). El aprovechamiento de los residuos agroindustriales ofrece la obtención de materia prima para utilizarse en nuevos procesos o productos, otorgando a quien los utilice valor agregado, reducir el impacto ambiental e incluso aportando características similares o mejorando productos con materias primas comerciales.

Así mismo, se busca reducir el impacto ambiental que genera los residuos del procesamiento del cacao, ya que hoy día en su mayor parte las industrias cacaoteras no los aprovechan, arrojándolos en espacios sin ningún tipo de tratamiento para su proceso de desintegración, lo que ocasiona la producción de hongos y bacterias que generan mal olor y atraen a roedores e insectos a estos lugares. Es por esto que el objetivo del presente trabajo fue buscar el aprovechamiento de la cáscara y cascarilla del cacao (*Theobroma cacao*), ya que estos pueden contener características nutricionales, aprovechables para el sector alimentario.

Las propuestas planteadas para esta investigación fueron: a base de cascarilla de cacao, elaborar pajillas y barritas comestibles; con la cáscara obtener la solución péctica y así se genera una opción de producto con valor agregado, esperando que se pueda mejorar los recursos de las industrias cacaoteras con nuevas ideas de producto y, a la vez, mitigar la contaminación generada por dichos residuos.

1.2. Área de estudio

El presente trabajo de investigación se inscribe dentro del área de Ingeniería en Tecnología de los Alimentos, específicamente en la implementación de tecnologías, procesos y desarrollo industrial. En este se busca evaluar la viabilidad técnica del aprovechamiento de la cáscara y cascarilla del cacao (*Theobroma cacao*), mediante un análisis fisicoquímico y microbiológico, para la industria alimentaria, aplicando los conocimientos técnicos de tecnología de alimentos.

1.3. Delimitación del problema

En la industria de cacao, la cáscara es considerada como desecho, se considera para los productores pérdidas económicas, ya que conlleva mano de obra involucrada en el manejo y espacio utilizado para el almacenamiento, puesto que la mayoría de este producto termina como abono orgánico para plantas. Además, para este último uso, requiere de tiempo en almacenamiento antes de ser usado, por lo cual, como alternativa de aprovechamiento de este residuo se propone extraer pectina.

La explotación comercial del cacao genera un volumen de residuos que podrían aprovecharse, sin embargo, las industrias cacaoteras deciden desechar la

mayoría de estos (Loyo, 2015). En la industria del cacao, se utiliza solo la almendra, provocando un 90% de residuos con respecto al peso total del fruto; del grano, se aprovecha un aproximado del 85% para su industrialización y el 15% es considerado desecho, de este último, es donde, aproximadamente, el 12% corresponde a la cascarilla (Orozco, 2021).

Los residuos del procesamiento del cacao se han vuelto un problema ambiental, al no tener un centro donde se puedan manejar de forma correcta que no represente una fuente de contaminación. Se estima que este tipo de residuos en su mayoría solo son desechados en las mismas zonas de cosecha generando efectos perjudiciales, asociado a la falta de conciencia y protección al medio ambiente de las industrias provocan que estos sean mal manejados y se conviertan en fuentes de contaminación de los recursos naturales. Las pocas alternativas, desde el punto de vista ambiental, nutricional y económico, reflejan la importancia de dar nuevas opciones de aprovechamiento de residuos agroindustriales.

Ante la necesidad de ofrecer nuevas alternativas de aprovechamiento para los residuos del cacao, es importante destacar que, actualmente, existen productos a base de cascarilla, estos son principalmente, infusiones o productos dermatológicos, por lo tanto, se puede evidenciar una oportunidad de aprovechamiento de recursos y, a su vez, generar ingresos, a través de nuevas alternativas de productos a base de la cascarilla, por lo que se propone elaborar pajillas comestibles y la barra comestible.

Otra problemática es el plástico sintético que representa entre un 10% y un 13% de los residuos sólidos en el mundo. En Costa Rica, el 25% de las 4 000 toneladas de residuos sólidos que se producen a diario terminan acumuladas en

ríos y playas, es decir, que aproximadamente 110 toneladas de plástico se quedan en el ambiente cada día (Ministerio de Salud de Costa Rica et al., 2017). A causa de esta problemática, los ambientalistas de las organizaciones de los gobiernos han sido llamados a dar soluciones para los plásticos de un solo uso, estos que han sido creados para satisfacer una necesidad, pero con una vida útil muy corta, tal es el caso de las pajillas plásticas desechables, bolsas de empaque, envases y empaques para comida rápida. En una sociedad caracterizada por el consumo de plástico de un solo uso, son un problema que requiere solución urgente (Ministerio de Salud de Costa Rica et al., 2017).

Elaborar pajillas surge debido a la problemática del impacto ambiental que se está produciendo por el uso de pajillas desechables, ya que, según el empresario Guth (2018), en el país se utiliza un aproximado de 2 100 pajillas al día, las cuales terminan en las calles, ríos, parques, sin ningún tipo de tratamiento para reciclarlas; por lo tanto, son años los que se tardan en el proceso de desintegración, ocasionando daños al medioambiente, por esto se están prohibiendo el uso de este tipo de pajillas desechables o de un solo uso.

Debido a lo anterior, la presente investigación gira en torno al problema configurado a través de la siguiente pregunta:

¿Cuál es la viabilidad técnica del aprovechamiento de la cascarilla del cacao (*Theobroma cacao*), como materia prima, en la elaboración de pajillas y barritas comestibles y la extracción de pectina de la cáscara?

1.4. Justificación

El presente trabajo busca generar alternativas de aprovechamiento de la cáscara y cascarilla de cacao, debido que actualmente estos residuos en su mayoría solo se desechan, se trabajó mediante la posibilidad de extracción de pectina de la cáscara de cacao y la cascarilla se le realizaron análisis físico químicos y microbiológicos para conocer la viabilidad de su uso como materia prima en la elaboración de productos alimentarios.

En la explotación cacaotera, los desechos generados están constituidos en su mayoría por la cáscara, ya que solo se aprovecha económicamente la semilla, que representa un aproximado del 10% del peso del fruto, es decir, el rendimiento de la semilla seca y la cáscara fresca es 1:10 (Barazarte et al., 2008).

Utilizando las herramientas técnicas de tecnología de alimentos se busca generar alternativas de aprovechamiento en la creación de nuevos productos con valor agregado que aporten mayor sostenibilidad económica, social y ambiental a las industrias cacaoteras. Debido a la preocupación ambiental de la sociedad, el sector agroindustrial debe ser sensible a los temas ambientales, incentivando la conciencia de producir de una manera sostenible, ya que, en Costa Rica, se generan 6,3 billones de toneladas de residuos orgánicos, estos residuos son una problemática ambiental y económica de las industrias (Miranda et al., 2020). En las industrias de alimentos, la valorización de residuos agroindustriales ha incrementado en busca del aprovechamiento de su contenido nutricional o funcional en la elaboración de nuevos productos o mejoras de estos.

Los beneficios para el sector cacaotero y la industrial de alimentos es que aprovechen estos residuos de cacao que actualmente están desechando, de una

manera sencilla y un costo reducido a su vez generando nuevas alternativas de productos como las barritas comestibles y la solución péctica extraída de la cáscara de cacao.

A su vez, no menos importante, el ser amigables con el medio ambiente, debido a que las industrias hoy día no solo son valoradas por su desempeño productivo y económico, sino también por su relación con el medio ambiente, que no sea solo una exigencia, sino un compromiso con este.

1.5. Antecedentes

El presente trabajo tiene como propósito el aprovechamiento de la cascarilla y cáscara de cacao en la elaboración de productos para la industria alimentaria, por esto los temas de abordaje en este apartado están estrechamente relacionados con la presente investigación. Por lo tanto, los siguientes artículos comparten características como materia prima, análisis nutricional y equipo de obtención, entre otros aspectos, que son de gran utilidad para la validación de datos, debido a que no se encontró evidencia de que en Costa Rica se aprovechen los residuos del cacao para la elaboración de productos alimentarios.

Álvarez y Quilumba (2018) demuestran cómo en las industrias de chocolate se genera una cantidad considerable de residuos orgánicos, los cuales pueden ser utilizados como materia prima en la elaboración de productos novedosos y de mucho provecho para el ser humano. En esta investigación, los autores se encargan de realizar los análisis respectivos para determinar el contenido nutricional de la cascarilla de cacao; en la cual, como mencionan los autores, los estudios muestran un alto poder antioxidante de un 71,99% que es el promedio de tres pruebas que se

realizaron mediante el método de DPPH, 2,2-difenil-1-picrilhidracilo. Por esto, ellos deciden elaborar el polvo de la cascarilla de cacao y llevar a cabo tres propuestas de productos: pollo apanado, bizcocho y granola. Realizaron paneles sensoriales para evaluar la aceptabilidad de los productos por parte de consumidores, quienes indicaron que se percibía un agradable sabor.

Otra referencia consultada es de Barazarte et al. (2008), quienes indican que la explotación comercial del cacao en otros países genera un volumen de cáscaras que pudiera utilizarse para la producción de pectinas a nivel industrial. Por tal razón, en su estudio extrajeron pectinas de la cáscara de cacao a diferentes condiciones de pH y temperatura. Además, evaluaron sus principales características químicas, de acuerdo con sus resultados, establecieron que las pectinas de cáscaras de cacao presentan un potencial en la aplicación en la industria de alimentos.

Así mismo, Ramírez et al. (2014) mencionan que se aprovechó la cáscara de cacao y el contenido de pectina que estas tienen para la elaboración de mermeladas. Para utilizar la pectina de las cáscaras, realizaron una extracción por calor, la cual consiste en reducir el tamaño de la cáscara, llevar a una temperatura de 85°C, realizar un licuado, dejar reposar, filtrar y llevar nuevamente la solución a 85°C por un minuto. Transcurrido este tiempo, se hace un enfriamiento rápido donde se obtiene la solución péctica con contenido de grupos metoxilos y grado de esterificación alto de un 88%, la cual se utiliza para la elaboración de las mermeladas que tiene como resultado 65.5°Brix y 3.1 de pH.

También se obtuvo información del estudio de Valbuena y Serrano (2018), el cual se basa en buscar una solución para una comunidad productora de cacao, con el fin de utilizar la cascarilla de cacao para infusiones y así eliminar el desperdicio,

también buscar un nuevo ingreso económico con este subproducto. Para esto se realizaron estudios de mercado, estrategias donde se define qué producto se puede realizar y cómo se va a desarrollar; se construyen las especificaciones del producto y el proceso por medio de pruebas de ensayo y mejoras a este. El resultado de dicho estudio fue la propuesta de una infusión a base de la cascarilla de cacao con cáscara de naranja, la cual contiene vitamina C.

Las pajillas comestibles surgen con la iniciativa de reducir el uso de plástico de un solo uso, que tarda aproximadamente entre 150 a 100 años en descomponerse, de esta forma, generar una alternativa de solución que pueda ayudar al medio ambiente con el tema de contaminación. Se investigó que una empresa coreana crea pajillas comestibles a base de arroz y tapioca 100% biodegradables. “Las pajillas están elaboradas de un 70% de harina de arroz y 30% de polvo de tapioca, son más firmes que las demás convencionales, tienen un olor particular pero no perturban el sabor de las bebidas en que se están usando” (La voz del despertar, 2019, párr. 8).

Otro tipo de pajillas comestibles son las de la marca Sorbos, este producto es bajo en calorías, ya que aporta 24 calorías por pajilla, son *gluten free* y no contiene alérgenos. El producto tiene una vida útil de 2 años después de empaquetado, actualmente existen siete sabores distintos, los cuales no alteran el sabor de la bebida que se está consumiendo. Este tipo de producto está elaborado con los siguientes ingredientes: gelatina, almidón de maíz, azúcar y agua (Guth, 2018).

Los estudios que anteriormente se mencionan son de gran utilidad, ya que están estrechamente relacionados con el proyecto que se desarrolló. Estos respaldan el aprovechamiento de la cascarilla y cáscara de cacao en distintos usos

relacionados con la industria alimentaria, por lo cual estas referencias han sido de gran importancia para conocer procesos y conceptos relacionados con el proyecto.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Evaluar preliminarmente la viabilidad técnica de uso de la cáscara del cacao (*Theobroma cacao*) en la extracción de solución péctica y cascarilla en la elaboración de pajillas y barrita comestible, mediante ensayos experimentales y análisis de laboratorio, para su aprovechamiento en la industria alimentaria.

1.6.2. Objetivos específicos

1. Analizar la viabilidad de la extracción de la solución péctica de la cáscara de cacao basada en una prueba con respecto al método de referencia y las características del producto obtenido mediante comparación con pectina comercial en mermelada de piña.
2. Determinar las características bromatológicas y microbiológicas de la cascarilla del cacao (*Theobroma cacao*) de importancia para su aplicación como ingrediente alimentario, mediante análisis de laboratorio y revisión de datos de referencia.
3. Formular una propuesta de uso de la cascarilla de cacao, mediante la evaluación de dos posibles alternativas de producto alimenticio, como pajillas y barritas comestibles.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

En el siguiente apartado, se desarrollan algunos conceptos fundamentales para la presente investigación. Estos se constituirán en la base teórica sobre la que se fundamenta el presente estudio de múltiples aplicaciones técnicas.

2.1. El cacao

El cacao es un árbol procedente de América, su fruto es también llamado cacao, de igual forma al producto del tostado y la fermentación, su principal uso es en la preparación del chocolate. Actualmente, se conocen tres variedades de cacao que son el criollo, forastero y trinitario.

Para afirmar el concepto anterior, se menciona que: “el cultivo de cacao es un típico cultivo perenne y pertenece a la familia *Esterculiaceae*”. (Ministerio de agricultura y ganadería de Costa Rica [MAG], s.f., párr. 1). Además, es un cultivo que produce sus flores y frutos en el tallo y que crece mejor cuando está protegido por la sombra de alguna otra especie, ya que le ayuda a la planta a regular la luminosidad, las condiciones de temperatura, el viento excesivo y condiciones de humedad. Una plantación entre su quinto o sexto año es cuando empieza a producir, de manera que su cosecha ya genera ganancia para el agricultor (MAG, s.f.).

El árbol de cacao produce su fruta donde se encuentran las semillas de cacao, lo que se utiliza para realizar el chocolate. Estas semillas están dentro de un tipo de vaina que cambia su tonalidad cuando esta se va madurando; al ser un cultivo perenne, beneficia a los agricultores, puesto que van a tener el producto por mucho tiempo. En la tabla 1, se muestran las características generales del cacao.

Tabla 1.
Generalidades del cacao

Nombre común	Cacao
Nombre científico	<i>Theobroma cacao</i>
Familia científica	Esterculiáceas
Origen	Bosques tropicales de América del Sur
Descripción	Baya ovoide, posee de 20 a 40 semillas

Fuente. Adaptado de *Aprovechamiento de la cascarilla de cacao (Theobroma cacao L.) para la elaboración de polvo y sus usos culinarios*, por K. Álvarez, y F. Quilumba, 2018, Universidad de Guayaquil (<http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/35658>).

El fruto del cacao se debe recolectar cada 10 o 15 días, excepto en los períodos de mayor producción del año (abril, mayo, noviembre, y diciembre), cuando la recolección de la cosecha se realizará prácticamente a diario. El fruto se debe recolectar maduro, los que no están maduros (pintones) reducen el rendimiento y la calidad. Por otra parte, los sobremaduros pierden calidad aromática y de sabor; además, existe el riesgo de que la semilla germine adentro (MAG, s.f.). El momento de cosecha de la mazorca del cacao se identifica por el cambio de color del fruto, ya que los frutos verdes cambian a amarillo y los rojos a color naranja.

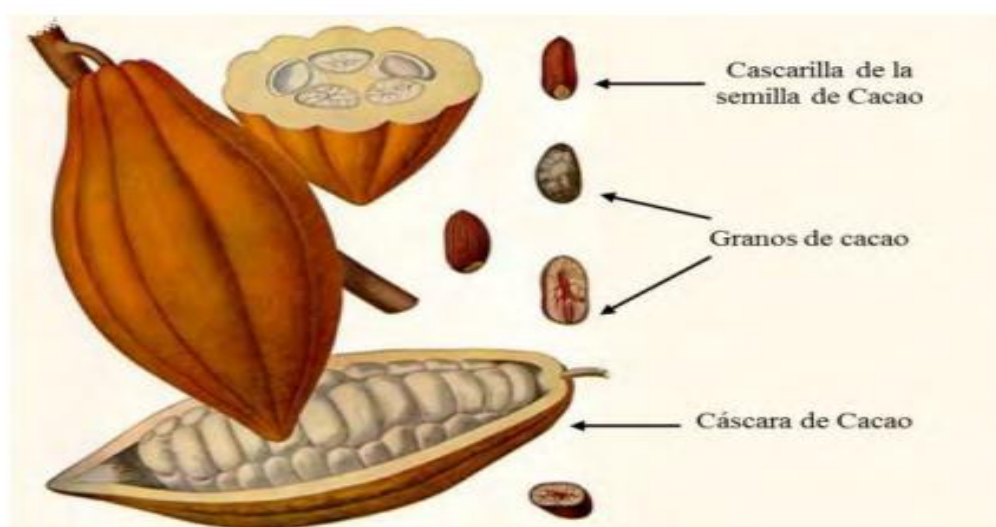
El cacao es un cultivo viable bajo esquemas agroforestales, por su arraigo cultural e histórico en los territorios donde se desarrolla (MAG, 2018), representa una forma de vida para un número importante de familias que se dedican a la producción y elaboración de este producto, permitiéndoles incursionar a nivel nacional e internacional, puesto que el cacao de Costa Rica es considerado de excelente calidad.

2.1.1 Descripción botánica

En Costa Rica, el café, el banano y el cacao forman parte de los principales cultivos del país, de la cultura y son los productos de mayor exportación, por ende, tienen gran impacto en la economía. Para efectos del presente trabajo, el cultivo de estudio es el cacao, por lo que se investigó la descripción botánica del grano del cacao. Esta es una semilla procedente de un árbol, que se muestra en la figura 1.

Figura 1.

Partes del fruto del cacao



Fuente. Tomado de *Desarrollo del proceso de producción de cascarilla de semilla de cacao en polvo destinada al consumo humano*, por P. Soto, 2012, Universidad Simón Bolívar (<http://infocafes.com/portal/wp-content/uploads/2017/07/000155680.pdf>).

En la figura 1 se observa la mazorca de cacao y las partes que la componen, las cuales corresponden a mucilago, es la parte blanca que recubre el grano del cacao, su textura es viscosa. El grano de cacao es la parte utilizada para la elaboración del chocolate, del grano se obtiene la cascarilla de cacao que pertenece al recubrimiento café del grano y, finalmente, la cáscara de cacao que corresponde a la parte exterior del fruto.

El fruto del cacao se caracteriza por ser una drupa, la cual se sostiene por un pedúnculo fuerte; este sirve para agrupar las poblaciones de las diferentes especies existentes, porque la drupa presenta distinta forma para cada especie. La drupa tiene forma elipsoidal, esta puede ser fusiforme hasta esférico. Los colores del fruto son amarillo claro o rojo oscuro, así mismo, la pulpa del cacao tiene un contenido elevado de azúcar que es de gran importancia en el proceso de fermentación al que se somete la semilla después de la cosecha y esta es la encargada del desarrollo en el sabor adecuado del chocolate (Mazariegos, 2009).

Dependiendo de la especie de cacao que se cultive, así será la drupa, ya que esta variará por cada especie, al igual que el color de la fruta varía dependiendo de la especie que se esté utilizando.

Los azúcares que se encuentran en la pulpa de la fruta son de gran importancia para el proceso del cacao, ya que estos van a aportar beneficios en los productos que se elaboren a partir de las semillas de cacao, porque esta gran cantidad de azúcar que presentan va a mejorar el proceso de fermentación.

En la mazorca del cacao se encuentran de 20 a 60 semillas, en cinco hileras, son de forma ovalada, de color café claro, con una longitud de 2-3 cm de largo y de espesor de 1 a 1.7 cm. Los granos de cacao son cubiertos por una concha fibrosa llamada cascarilla (Soto, 2012). Del fruto del cacao se puede aprovechar su cáscara, la semilla, su cascarilla y el mucilago; cada una de estas partes del fruto del cacao presenta características tanto físicas como químicas de acuerdo con la variedad del árbol de cacao.

2.1.2. Variedades

2.1.2.1. Cacao criollo

Esta variedad representa los cacaos originales, cuyas plantaciones más antiguas se remontan al siglo XVII. Cultivada al principio en Venezuela, en América Central, en México, Ecuador, Nicaragua y Guatemala. Esta variedad de cacao se caracteriza por sus frutos suaves y semilla de forma redonda, dulce de sabor agradable (Mazariegos, 2009).

El cacao criollo hasta la mitad del siglo XVIII era el más cultivado. Esta variedad comprende los árboles delgados; los frutos tienen típicamente una cubierta delgada y una pigmentación rojiza, se caracterizan por bajos rendimientos y son más susceptibles a plagas (Dostert y Roque, 2011).

De acuerdo con los autores mencionados, la variedad de cacao criollo es una de las más antiguas, sin embargo, esta tiene como desventaja que su rendimiento no es tan alto y es más probable que cuente con problemas de plagas. Esto no beneficia al productor, por el contrario, está buscando una variedad más resistente a plagas y condiciones climáticas.

2.1.2.2. Cacao forastero

Es originario de la alta Amazonia, es una variedad salvaje del cacao criollo y es conocido como el cacao más común en la industria del chocolate. Es el más cultivado y proviene normalmente de África, el grano tiene una cáscara gruesa, resistente y poco aromática, además, para neutralizar sus imperfecciones, requiere de un intenso tueste (Mazariegos, 2009).

El grupo forastero abarca una alta variabilidad genética y se caracteriza principalmente por su fruto verde y una cubierta del fruto (pericarpo) gruesa. Las semillas tienden a ser redondeadas, un poco aplanadas y cotiledones de color violeta. Esta variedad de cacao contempla cerca de un 80% de la producción mundial, se cultiva principalmente en Brasil, África Occidental, América Central y el Caribe (Dostert y Roque, 2011).

El cacao forastero es el que más se está cultivando, esto por sus características; como se menciona en la cita anterior, es una variedad más resistente con una cáscara más gruesa. Esto permite que las semillas estén más protegidas.

2.1.2.3. Cacao híbrido o trinitario

Es un cruce entre el criollo y el forastero, aunque su calidad es mejor que la calidad del forastero. Como su nombre sugiere, es originario de Trinidad, heredó la robustez del cacao forastero y el delicado sabor del cacao criollo (Mazariegos, 2009). Las plantas de esta variedad de cacao son normalmente muy robustas con frutos verdes o pigmentados y con semillas violeta claro a violeta oscuro. Esta variedad genera del 10 al 15 % de la producción mundial (Batista, 2009).

Esta última variedad de cacao aporta al mundo de los cacaoteros una gran experiencia, ya que, al ser una mezcla de las variedades mencionadas anteriormente, sus características son un fruto con una calidad mejor, puesto que tiene la resistencia que ofrece el cacao forastero y su sabor por parte del cacao criollo, sin embargo, su producción no es numerosa como el forastero.

2.1.3 Desarrollo del cultivo en Costa Rica

De acuerdo con el MAG (2018), el último Censo Nacional Agropecuario (CENAGRO), realizado en el año 2014 por el Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC), indica que existen 3 041 fincas para una extensión total de 3 170 hectáreas, es decir, un promedio de 1.05 hectáreas por finca. La zona Caribe registró el 40% del total de hectáreas con 1 216 hectáreas, seguida por la zona Norte con el 23% del total (594 hectáreas) y el tercer lugar fue para la zona Sur con el 19% (573 hectáreas). Asimismo, un dato relevante es que el 90% de la producción de cacao se concentra en manos de pequeños productores en territorios rurales (MAG, 2018, p. 4).

Hoy día, instancias públicas tienen interés en reactivar la actividad del cacao por el mercado más favorable y a una demanda creciente, esto a causa de los productos de calidad que se desarrollan en Costa Rica, principalmente, banano, café y cacao.

El Programa de Investigación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria en cacao (PITTA Cacao), tutelado por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), a través del cual, se han liberado nuevos clones desarrollados por el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), los cuales cuentan con características destacables como: una mayor productividad, resistencia a plagas y enfermedades como la Monilia, y buena calidad. Se ha promovido el establecimiento de jardines clonales con la supervisión de la Oficina Nacional de Semillas (ONS); y se han articulado esfuerzos de capacitación como el módulo de cacao diseñado e

implementado por el Instituto Nacional de Aprendizaje (INA). (MAG, 2018, p. IV)

Esta iniciativa que se desarrolló con las instituciones anteriormente mencionadas beneficiaría a los productores de cacao, puesto que se busca mejorar la calidad del producto en el proceso de la planta, porque esta sería más resistente a plagas, enfermedades y muy importante, la productividad aumentaría, lo cual ayudaría a los productores a generar mayor cantidad de producto con mejores características en olor y sabor para aumentar sus ventas.

En el Plan nacional de cacao: “en el año 2017 Costa Rica alcanzó una producción total de 700 toneladas métricas de cacao” (MAG, 2018, p. 4). Esta producción se ha mantenido estable en los últimos 10 años, después del descenso sufrido a mediados de los noventa, en la tabla 2, se observa más a detalle la producción de cacao desde 2004 al 2014.

Tabla 2.
Producción de toneladas de cacao en Costa Rica

Variable	Periodos				
	1994	1999	2004	2009	2014
Producción	2000	888	708	650	700
Variación		-55.6%	-20.2%	-8.2%	7,7%

Fuente. Adaptado de *Plan Nacional de Cacao 2018-2028*, por Ministerio de agricultura y ganadería de Costa Rica, 2018 (<http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/E14-11072.pdf>).

Como se mencionó anteriormente, esta producción se ha mantenido en los últimos diez años, por lo cual Costa Rica se ubica en la posición 41 en el mundo, y la 17 en América (MAG, 2018). La producción de Costa Rica está determinada

como 100% fino y de aroma, por lo cual trae grandes oportunidades para diferenciarse en el mercado internacional y *gourmet*.

Según el Censo Agropecuario del 2014, a nivel nacional, 93 017 fincas son agropecuarias, de las cuales solo 3 041 se dedican a la actividad del cacao. Dichas extensiones de tierra se caracterizan por ser pequeñas o medianas, ya que una gran cantidad de las fincas poseen un tamaño entre 5 y menos de 10 hectáreas (MAG, 2018).

El desarrollo de cacao en Costa Rica se caracteriza por estar en manos de medianos o pequeños productores, los que han mantenido la producción estable en los últimos años. Dicha producción se caracteriza por ofrecer productos con un sabor y olor característico que se diferencia de los demás productos internacionales.

2.2. Procesamiento del cacao

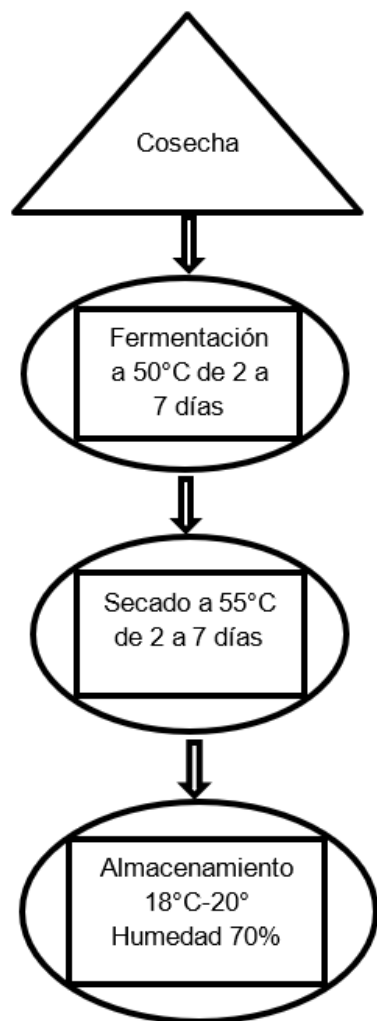
Los cambios de los granos o productos de cacao son muy complejos a lo largo de la vida de este, por lo que se debe someter a varios procesos para alcanzar los propósitos.

El procesamiento del cacao ocurre una vez que los frutos son recolectados, se extraen las semillas de la mazorca, se fermentan por 2 o 7 días a una temperatura de 50°C, se secan de 2 a 7 días a una temperatura de 55°C; luego, estos son almacenados a una temperatura de 18°C a 20°C con una humedad de un 70%, como se muestra en la figura 2. En los procesos agroindustriales, se realizan las operaciones de selección del grano, descascarillado, tostado y molienda, de donde se obtiene la pasta del cacao para la elaboración del chocolate.

La figura 2 muestra el diagrama de flujo y condiciones del procesamiento del cacao.

Figura 2.

Diagrama de flujo del procesamiento del cacao



Fuente. Elaboración propia con base en resultados de experimentación.

2.2.1. Fermentación

Este proceso ocurre con la pulpa que rodea al grano de cacao, el mucílago se separa del cacao, en el cual se desarrolla el sabor y olor característicos, cuando el pH inicial, los cambios en el contenido de azúcar y las condiciones anaeróbicas favorecen actividad de las levaduras de la pasta de cacao, las cuales inician la

conversión de los azúcares de la pulpa en alcohol y dióxido de carbono. También en el proceso de fermentación están involucradas las bacterias lácticas y ácido acéticas que tienen como función consumir los compuestos de la pulpa (De La Cruz, et al., s.f.).

Hay dos formas de realizar el proceso de fermentación: en piso y en charolas. La fermentación en piso consiste en colocar los granos y darles vuelta cada 24 -72 horas para que todos reciban aire. La otra forma es colocar delgadas capas de granos en bandejas una sobre otra y así el aire pasa entre ellas sin necesidad de mover los granos (Wacher, 2011).

El proceso de fermentación ya sea en piso o en bandejas, es una etapa muy importante, ya que esto va a influir en la calidad final del producto, debido a que la actividad de los distintos microorganismos involucrados dará las características de sabor y olor del producto. Esto cuando se transforman los azúcares que tiene la pulpa de la semilla en dióxido de carbono y alcohol.

Durante la fermentación ocurren tres etapas, la primera etapa es la fase azucarada que inicia con el cacao lleno de mucílago. Esta etapa aproximadamente es en las primeras 24 horas con una temperatura de 50°C. La siguiente etapa es la fase alcohólica, en la cual los azúcares del cacao en baba se transforman en alcohol, por acción de bacterias y hongos especiales; esto ocurre entre las 48 a 80 horas del proceso de fermentación y, por último, la fase acética o ácida, en la cual el alcohol se transforma en vinagre y ácido acético. En general, el proceso de fermentación tarda aproximadamente cinco días con una temperatura entre los 50 a 45 °C (De La Cruz et al., s.f.).

2.2.2. Secado

Esto se basa en el movimiento de aire en los granos para ayudar a que baje la humedad, la cual debe ser disminuida hasta un rango del 6.5 a 7.0%. Existen dos tipos de secado: el método natural o tradicional, el cual es el mejor método de secado, ya que se aprovecha la energía solar; y el método mecánico, el cual es utilizado en lugares donde la cosecha coincide con lluvias. Los tiempos de secado varían según las condiciones climáticas en las zonas, pero el secado inicial debe ser lento, de por lo menos 48 horas, y mover constantemente los granos (De La Cruz et al., s.f.).

El proceso de secado consiste en colocar el grano de cacao después de ser fermentado a una temperatura de 55°C por 5 o 7 días hasta que este baje su grado de humedad para evitar la proliferación de moho.

2.2.3. Almacenamiento

El almacenamiento del cacao se debe realizar en los almacenes o cobertizos impermeables, bien ventilados, limpios, libres de humedad y plagas de insectos, alejados del humo y otros materiales que puedan contaminar el cacao.

Los sacos de cacao se deben colocar en plataformas, alejados de los muros, para permitir una buena circulación del aire. Estos no deben exponerse a la luz del sol directamente ni almacenarse cerca de fuentes de calor, esto con el fin de evitar variaciones de temperatura que puedan afectar el grano.

En este proceso, se deben proteger los granos de la humedad, ya que se deben mantener con una humedad relativa menor a 70% para evitar que se dañen y algún tipo de contaminación cruzada (De La Cruz et al., s.f.).

Luego de los procedimientos de cosecha, fermentación y secado, se realiza un tostado del grano, seguido de un quebrado de este y, por último, los granos se someten a una corriente de aire, donde se obtiene ya el grano limpio para ser molido y la cascarilla de cacao que es el subproducto del descascarillado. En la figura 2, se observan las siguientes etapas y cambios que sufre el fruto de cacao para la obtención de chocolate.

Figura 3.
Etapas del cacao para la producción de chocolate



Fuente. Tomado de *¿Cómo se transforma el cacao en chocolate?*, por Alternativa3, 2020 (<https://alternativa3.com/transforma-cacao-chocolate/>). En dominio público.

2.3. Cascarilla de cacao

La cascarilla de cacao es característica por su textura seca, crujiente y de color marrón; posee su sabor y aroma agradable característico a chocolate, debido

a que, al ser removida, puede contener del 2 al 3 % del grano de cacao (Orozco, 2021).

La cascarilla representa el 12% del peso del grano, aunque contenga mucha menos grasa que este (Orozco, 2021). Es el subproducto que se obtiene en el proceso del descascarillado, el cual se realiza sometiendo el grano quebrado a una corriente de aire, donde se separa el grano limpio de la cascarilla, la cual es almacenada y utilizada como material de desecho o en material orgánico.

El proceso de descascarillado, de donde se obtiene la cascarilla, puede que sea artesanal, ya que, al ser pequeños productores los que realizan chocolate en el país, no cuentan con equipos avanzados para este tipo de procesos y se obtienen trozos de chocolate en la cascarilla como menciona la fuente anterior. En la figura 4, se observa la cascarilla que recubre al grano de cacao.

Figura 4.

Representación de la cascarilla de cacao



*Fuente. Tomado de Aprovechamiento de la cascarilla de cacao (*Theobroma cacao L.*) para la elaboración de polvo y sus usos culinarios, por K. Álvarez, y F. Quilumba, 2018, Universidad de Guayaquil (<http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/35658>).*

La cascarilla tiene varios beneficios nutricionales, puesto que, dentro de su composición, cuenta con vitamina A y C, así como teobromina, pectina, fibra, calcio y magnesio (Soto, 2012). En la tabla 3, se observa la caracterización fisicoquímica de la cascarilla de cacao según autores.

Tabla 3.

Caracterización fisicoquímica de la cascarilla de cacao según autores

Composición	Autores: Teneda et al. (2017)	Autor: Soto (2012)	Autores: Vivanco et al. (2017)
	Valores (%)	Valores (%)	Valores (%)
Humedad	9.78	3.46 – 5.08	5
Proteína	15.66	18.54 – 19.69	20
Fibra alimentaria	6.26	N/A	N/A
Grasa	5.37	1.09- 1.38	1
Cenizas*	8.41	7.51- 8.09	7 -8
Carbohidratos	59.89	70.85 – 72.82	70-72

Valores expresados en base seca.

Fuente: Elaboración propia con datos de Teneda et al. (2017), Soto (2012) y Vivanco et al. (2017).

En la tabla 3, se observa que la cascarilla de cacao es fuente importante de proteína y fibra, el contenido de cenizas evidencia que es fuente de minerales. Al ser una materia prima de bajo de costo y sus características químicas, evidencian la oportunidad de aprovechamiento de la cascarilla de cacao.

La humedad debe ser máximo de un 15.3%, sin embargo, se recomienda que el contenido de humedad sea de un 6% a 8% y, de esta forma, evitar la presencia de microorganismo no deseados o la generación de micotoxinas.

Los valores de composición de la cascarilla de cacao difieren de las variedades del fruto del cacao (genética), condiciones ambientales y geográficas,

de los procesos como secado, fermentación y tostados. Todas estas variables afectan a la calidad y la composición de la cascarilla de cacao (Rojas et al., 2020).

El principal uso de la cascarilla de cacao es como material orgánico para la preparación de abono. También es utilizada como alimento para los animales, en especial los rumiantes (Soto, 2012).

2.3.1 Usos de la cascarilla de cacao

La cascarilla de cacao actualmente se utiliza en la industria dermatológica, alimentaria y agrícola. Sus principales usos son en infusiones, harina para galletas, barra de cereales tipo energética, cremas para la piel, jabones, abono orgánico y complementos para animales (Orozco, 2021).

Se estima que, entre los pequeños productores de cacao, el aprovechamiento de la cascarilla de cacao es principalmente para abono orgánico, alimento para animales e infusiones; sin embargo, gran cantidad de esta simplemente se desecha en las fincas productoras de cacao (Valbuena y Serrano, 2018).

La cascarilla de cacao cuenta con características nutricionales, entre ellas destacan los macronutrientes como proteínas, carbohidratos y lípidos, aparte de estos macronutrientes también contiene micronutrientes, vitaminas y minerales. Este residuo agroindustrial es considerado también como un producto de bajo contenido energético, debido a que presenta fibra alimentaria que, a pesar de que se considera como un carbohidrato, no es una fuente calórica (Tapia, 2015, p. 21).

La cascarilla se caracteriza por ser un estimulante del sistema nervioso, cuenta con propiedades antioxidantes, es antiinflamatorio, además de ser un:

“energizante suave y natural por su contenido de teobromina el cual se utiliza para atacar la fatiga y la debilidad siendo este una fuente de regulación de tensión y estrés” (Morales, 2017, p. 26).

2.3.2. Análisis físicoquímicos

Es la caracterización físicoquímica de los alimentos, donde se miden diversas propiedades, haciendo énfasis en su composición química, es decir, las sustancias que forman parte del alimento como lo son proteínas, lípidos, fibra, humedad, carbohidratos, vitaminas, entre otros. Esto para garantizar la calidad alimentaria en los productos (Vega, 2004).

Las industrias emplean estos análisis con el fin de conocer la composición nutricional de los alimentos y sus características físicas, como estudio de la calidad, a su vez, permitiendo la evaluación de las características críticas. La elección del método de análisis está basada en el objetivo y tipo de matriz de estudio.

2.3.2.1. Humedad

Es el contenido de agua que contiene un alimento, por eso el análisis de humedad es el más relevante, ya que determina las condiciones de cómo se debe trabajar y mantener el alimento para que este no se dañe y así garantizar la calidad en el proceso de elaboración y en la conservación del alimento (Masson, 1997). El contenido de humedad es necesario para determinar el valor nutricional de un alimento, debido a la necesidad de algunos procedimientos de análisis que se realizan con base en humedad de la matriz.

Existen diferentes métodos para la determinación de humedad, la elección de estos se realiza de acuerdo con el objetivo de análisis, precisión, rapidez, exactitud y tipo de matriz de estudio.

A continuación, se presentan algunos de los métodos más comunes para la determinación de humedad:

- Método humedad por gravimetría
- Método de secado por termobalanza
- Método secado por estufa
- Horno microonda
- Karl Fisher

2.3.2.2. Proteína

Son el principal componente de las células, un macronutriente que se encuentra en los alimentos, formado por carbono, oxígeno, nitrógeno e hidrogeno. Son cadenas de aminoácidos unidas y una de sus principales funciones es la parte de estructura, formar tejidos de sostén, desarrollo de anticuerpos y transporte de oxígeno en la sangre (Pascual, 2010). Los principales métodos para la determinación de proteína son:

- Método de Kjeldahl
- Método Dumas
- Método del Biuret.
- Método de Lowry.
- Turbidimetría

2.3.2.3. Grasa

Los lípidos son sustancias solubles en compuestos orgánicos e insolubles en agua. Estos, junto con la proteína y carbohidratos, forman los principales constituyentes en los alimentos. Es una fuente de energía bien concentrada y son esenciales para el funcionamiento del organismo, una de sus funciones es el transporte de vitaminas, almacenamiento de energía y suministran ácidos grasos esenciales (Miranda et al., 2015).

Los análisis para la determinación de grasa en un alimento se realizan mediante extracción con solventes orgánicos, por eso la exactitud del análisis dependerá de la elección del solvente, debido a la solubilidad de los lípidos en ellos; además, es necesaria una baja humedad y un tamaño de partícula pequeña de la muestra. A continuación, se indican los métodos para la determinación de grasa:

- Método de Soxhlet
- Método de Gerber
- Hidrólisis ácida
- Hidrólisis alcalina

2.3.2.4. Fibra alimentaria

Contiene las partes de los vegetales que el cuerpo no puede absorber, uno de sus principales componentes son los polisacáridos no amiláceos, se divide en dos grupos: fibra soluble, la cual atrae agua y la fibra insoluble, tiene una escasa capacidad de retener agua. Las funciones que se obtienen al consumir fibra alimentarían son en el área digestiva, ya que ayuda con la flora intestinal, reduce la

absorción de colesterol y previene el estreñimiento (Villanueva, 2019). Seguidamente, se listan los métodos para determinar fibra alimentaria:

- Químico gravimétrico
- Enzimático gravimétrico
- Químico-enzimático-gravimétrico
- Cromatografía de gas líquido
- Cromatografía líquida de alta presión

2.3.2.5. Carbohidratos

Son compuestos naturales, principalmente, se obtienen de los vegetales, por ende, son muy abundantes. Son la fuente de energía más importante que tiene el cuerpo, se dividen en tres grupos: en monosacáridos, en este grupo se encuentran la glucosa, fructuosa y galactosa. El segundo grupo se llama disacáridos, donde están la sacarosa, lactosa, maltosa y, finalmente, están los polisacáridos que están conformados por almidón, celulosa y el glucógeno. Uno de los métodos para obtener el aporte de carbohidratos en un producto es por diferencia, es decir, cuando se realiza el estudio de la composición proximal del alimento, el obtenido de carbohidratos es calculado mediante la diferencia entre la suma de los demás constituyentes y 100%. La inclusión de los componentes en el cálculo para carbohidratos estará basada según la legislación de cada región (Melo y Cuamatzi, 2006).

2.3.2.6. Análisis microbiológico

La microbiología se encarga del estudio de microorganismos muy pequeños, los cuales pueden ser dañinos o perjudiciales para la salud humana; sin embargo,

se encuentran unos microorganismos que van a beneficiar el desarrollo de algunos productos, puesto que alteran los componentes de los alimentos, de forma que los estabilizan para una mayor duración y aportan sustancias que dan sabores característicos a los alimentos (Andino y Castillo, 2010).

Un análisis microbiológico permite conocer las condiciones higiénicas generales del alimento para prevenir enfermedades y asegurar al consumidor un producto inocuo. Para determinar que un producto es inocuo, este debe cumplir con ciertos parámetros como con la legislación correspondiente, los resultados de los análisis deben estar en ausencia de microorganismos patógenos (Soto, 2012).

Para realizar un análisis microbiológico, se debe iniciar con la toma de la muestra que se quiere analizar. Luego se transporta la muestra al laboratorio que realizará el análisis; este transporte debe ser lo más rápido posible, en condiciones que no afecten la muestra, por ejemplo, la temperatura. Seguido, se realiza la recepción y registro de la muestra en el laboratorio y el análisis de la muestra, con resultados, finalmente, la elaboración del informe por parte del laboratorio (Wong, 2008).

Al realizar un análisis microbiológico, se asegura que el producto que se le ofrece al cliente cumple con los parámetros de inocuidad para que no vaya a causar ningún tipo de enfermedad transmitida por alimentos. Algunos de los análisis que se realizan a los alimentos son recuento total aerobio mesófilo, mohos y levaduras, *E.Coli* y *Salmonella*.

2.3.2.6.1 Recuento total aerobio mesófilo

Son los microorganismos que se desarrollan en presencia de oxígeno, crecen en un rango de temperatura de 20°C a 45°C; la temperatura óptima del crecimiento es de 30°C a 40°C. Es un indicador de la población bacteriana en la muestra y ayuda a evaluar la calidad de producto, determina las condiciones a las buenas prácticas de manufactura en su procesamiento y no se recomienda emplear el resultado de esta determinación como indicador de la presencia de patógenos (Renaloe, 2014).

2.3.2.6.2. Mohos y levaduras

Son parte del reino vegetal, presentan múltiples formas, se desarrollan en un rango de pH de 2 a 9, en un amplio rango de temperatura que va desde 10°C a 35°C y pueden crecer en condiciones de actividad de agua baja (<0.85); aunque las levaduras generalmente requieren una mayor actividad de agua. Los mohos y las levaduras generan deterioro y descomposición en los alimentos (Valdés, 2017).

2.3.2.6.3 Micotoxinas

Los hongos producen sustancias químicas conocidas como metabolitos primarios y secundarios. Los metabolitos secundarios son una serie de compuestos que no son esenciales para el crecimiento vegetativo, como son los antibióticos y las micotoxinas, esta deriva de las palabras griegas *mikes* y *toxina*, definidas como hongo y veneno, estos compuestos se originan cuando la fase de crecimiento llega a su etapa final y durante la fase estacionaria. (Soto, 2012).

Los alimentos más frecuentes a ser contaminados con micotoxinas son los cereales, semillas como café y cacao, alimentos elaborados y alimento para consumo animal; las micotoxinas más importantes son: *aflatoxinas*, *ocratoxinas*,

*fumonisin*as, *zaeralenona* y el *tricoseno*. La ocratoxina es producida por los hongos *Aspergillus* o *Penicillium* y puede ser de tres tipos A, B y C, siendo el tipo A la más tóxica y abundante de la familia, ocasiona problemas renales en el consumidor. (Soto, 2012)

2.3.2.6.4. E.Coli

Es una bacteria que se encuentra en el sistema digestivo de los seres humanos y animales, la cual se transmite a los alimentos, superficies, agua y medio ambiente por material fecal. Esto debido a que no se cumplen correctamente las buenas prácticas de manufactura y las buenas prácticas agrícolas. Para prevenir que los alimentos se lleguen a contaminar, se debe realizar un control de los riesgos de contaminación a lo largo de toda la cadena de producción, desde que se obtiene la materia prima hasta entregar el producto terminado (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], s.f.).

2.3.2.6.5. Salmonella

Es una bacteria patógena que se puede encontrar en carne de pollo, res, cerdo o huevo. El rango de temperatura en la cual se puede desarrollar es de 5°C a 47°C, siendo la temperatura óptima 35°C a 37°C; se desarrollan en un pH entre 4 a 9. Es la responsable de la salmonelosis, la cual es una enfermedad transmitida por alimentos, que causa, diarrea, fiebre y dolor estomacal. Estos síntomas se presentan en 6 a 48 horas después de haber consumido el alimento contaminado, esta enfermedad se puede dar por un inadecuado proceso de cocción, por contaminación cruzada y por no cumplir las temperaturas en procesos como almacenamiento o cocción. En la industria alimentaria, es muy importante realizar

un análisis de salmonela, para asegurarse de que el producto no vaya a contaminar al cliente. El resultado de ese análisis debe ser ausencia de *Salmonella* (González et al., 2014).

2.4. Cáscara de cacao

La cáscara de cacao es la corteza amarillenta que cubre los granos; esta es poco utilizada por las industrias cacaoteras, sin embargo, algunas en las que sí aprovechan este subproducto lo hacen en la elaboración de abono orgánico.

Este residuo se obtiene del pelado de los granos de cacao, es la parte del fruto que contiene ácido oleico y linoleico, además de antioxidantes. También es una fuente de pectina con un rendimiento de 3.89 g / 100 g, en varios estudios se está buscando un método y técnicas para poder aprovechar este recurso (Barazarte et al., 2008).

La cáscara de cacao se utiliza muy poco, ya que los productores de cacao la desechan o la dejan en la ficas como material orgánico. Esta cáscara contiene fibra, vitamina A y C, minerales como calcio y magnesio; también tiene pectina, la cual es muy utilizada en la industria de alimentos, ya que aporta viscosidad y consistencia a los productos. Un promedio del rendimiento de extracción de pectina en cáscara de cacao es de un 3.6%, aunque este porcentaje puede variar dependiendo del método que se utilice o de la cantidad del reactivo que se emplee (Suárez y Marín, 2019)

2.4.1. Pectina

La pectina es una sustancia que se presenta de forma natural en frutos y vegetales, esta se forma en la pared primaria en los tejidos mesenquimáticos y

parenquimáticos. Además, presenta la función de mantener la consistencia del tejido intercelular de los frutos y vegetales, debido a que esta forma coloide por excelencia, ya que tiene la propiedad de absorber una gran cantidad de agua; pertenecen a la familia de los oligosacáridos y polisacáridos de alto peso molecular (Chasquibol et al., 2008).

El químico francés Henri Braconnot, en 1825, realizó por primera vez la extracción de la pectina. Además, la designó con este nombre, debido a que deriva del griego *pektikos*, que significa congelar o solidificar, muy característico de su funcionalidad en alimentos (Chasquibol et al., 2008).

La pectina es una sustancia que se encuentra en los vegetales y frutos como se mencionó en la fuente anterior. Una de sus principales funciones es dar consistencia y viscosidad a los productos en la industria alimentaria, por la propiedad que tiene esta sustancia de absorber agua.

En la industria alimentaria, la pectina está definida como un polímero que contiene unidades de ácido galacturónico. Dichos ácidos pueden estar libres o combinados como éster metil, sodio, potasio o sales de amonio, también pueden contener grupos amida. La pectina se clasifica de acuerdo con el contenido de ácido pectínico, las cuales se conocen como pectinas de alto metoxilo, cuando más del 50% de los residuos están metoxilados y bajo metoxilo cuando menos del 50% de los residuos están metoxilados. Estas en conjunto con un azúcar o un ácido pueden formar un gel (García y Penagos, 2011).

Debido a su función de gelificar, espesar y estabilizar, la pectina es el aditivo más cotizado del mercado; debido a esta versatilidad, hace que sea un aditivo esencial en la elaboración de diversos productos alimentarios. Tradicionalmente, la

pectina es usada en la elaboración industrial y doméstica de mermeladas y jaleas de fruta, también en la elaboración de productos con o sin azúcar (García y Penagos, 2011).

2.4.1.1. Características de la pectina

La pectina se caracteriza por ser una sustancia viscosa, que da estabilidad a los productos o estructuras vegetales y por la solubilidad. A continuación, se describen sus características:

- Viscosidad: es la resistencia para fluir, en la pectina es una de las características más importantes, aunque esta se puede ver afectada por diversas situaciones como un cambio en pH, temperatura y la presión (Chasquibol y Morales, 2010).
- Estabilidad-estructura: dar forma al producto al que se le está aplicando la pectina, ayuda a la consistencia.

2.4.1.2. Principales usos de la pectina

- Elaboración de jaleas, mermeladas y postres de fruta.
- Panadería, rellenos y coberturas con frutas.
- Leches acidificadas, bebidas proteicas y yogurt.
- En confitería para jaleas de frutas o neutras.
- Bebidas.
- Productos nutritivos y saludables.
- Usos médicos y farmacéuticos.

2.4.2. Extracción de pectina en la cáscara de cacao

De la cáscara de cacao se puede extraer pectina mediante método por calor o por hidrólisis ácida, los cuales son métodos sencillos de aplicar y no requieren de un alto costo en el proceso de extracción. Posteriormente, se debe caracterizar según las propiedades físicas y químicas, verificando el rendimiento y la funcionabilidad para ser utilizado como estabilizante en la elaboración de productos.

Según Nizama (2015), existen diferentes técnicas para la extracción de pectina a partir de tejidos vegetales, en las cuales pueden utilizarse procedimientos fisicoquímicos o enzimáticos. Con el fin de obtener mayor rendimiento de extracción de sustancias pécticas, se realizan pretratamientos al material vegetal para facilitar la extracción.

El método de extracción por hidrólisis ácida se realiza empleando el ácido cítrico como agente extractor a un pH de 2.5 durante 40 minutos, previamente las cáscaras se deben deshidratar a una temperatura de 70 °C. Se recomienda que la humedad de las cáscaras deshidratadas sea de 6% en cáscara seca de cacao para la obtención de pectina (Suárez y Marín, 2019).

El método para extraer la pectina mediante calor consistió en realizar una disminución de la cáscara de cacao y mezclarla con agua a una proporción 3:1, llevarlas a una temperatura de 85°C por cinco minutos. Transcurrido este tiempo, se realiza un licuado y se deja reposar por 30 minutos, luego se filtra el producto. Nuevamente, se lleva a una temperatura de 85°C por un minuto y se realiza un enfriamiento rápido, donde ya se puede usar esta pectina para la elaboración de mermeladas, en confitería y en bebidas (Bernal et al., 2014).

Este método tiene la ventaja de que permite al productor hacer una extracción de la pectina de la cáscara de cacao de forma simple, debido a que no se requiere de equipo o materiales difícil de obtener o de alto costo económico y así se obtiene una alternativa al productor de aprovechar el cultivo, ya que no lo está haciendo, a causa de que se desconocen los subproductos que se puede obtener.

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

En este apartado, se presenta la metodología con la cual se desarrolló la investigación. Los aspectos metodológicos son los que orientaron el proceso del estudio desarrollado, puesto que estos ayudan a la investigación a centrarse en un estudio aplicado, con el fin de tener como resultado la solución a un problema.

3.1. Modalidad

La modalidad aplicada en el presente proyecto es teórica-empírica, ya que se hizo uso de la teoría para lograr los objetivos y fortalecer el conocimiento, con el fin de aplicar la parte empírica y realizar las prácticas para obtener resultados deseados.

3.2. Enfoque y tipo de investigación

El presente proyecto busca un enfoque cuantitativo, el cual se basa en la recolección y análisis de datos a lo largo de la investigación, por ejemplo, en los resultados de los distintos análisis de caracterización de la materia prima que se realizaron con uso de las herramientas de tablas, estadística descriptiva y en los distintos análisis de microbiología que se hicieron a la cascarilla y a las barritas comestibles.

La investigación que se lleva a cabo es de tipo experimental, ya que se realizan diferentes análisis para comprobar la composición nutricional, controles en su proceso de elaboración y, de este modo, evaluar la viabilidad de utilización como materia prima, es decir, se va a trabajar con diferentes variables, las cuales buscan observar el comportamiento de estas entre sí.

3.3. Fuentes de información

La información recopilada para elaborar el presente trabajo de investigación proviene de diversas fuentes, tales como fuentes primarias: artículos científicos, informes técnicos de instituciones, libros digitales, páginas oficiales gubernamentales, reglamentos técnicos y entrevistas personales. Así como secundarias: trabajos finales de graduación y revistas.

3.4 Materiales y equipos

Los principales materiales utilizados en el presente trabajo de investigación fueron cáscara y cascarilla de cacao los cuales se obtuvieron de un pequeño productor de cacao ubicado en la zona de Mastatal de Puriscal, otras materias como el ácido cítrico que se utilizó en la extracción de la solución péctica y la pectina comercial que se usó para la comparación en las mermeladas de piña fueron comprados, al igual los diferentes ingredientes que se usaron en la elaboración de pajillas y las barritas comestibles.

Los equipos utilizados fueron utensilios del pequeño productor los cuales se usaron para la extracción de la solución péctica y la comparación con la pectina comercial mediante la elaboración de la mermelada de piña, para el caso de los análisis fisicoquímicos, microbiológicos que se hizo a la cascarilla y el barrido de plaguicidas a la cáscara, estos se realizaron en el laboratorio AGQ Lambda ubicado en San Francisco de Dos Rios. Para la elaboración de las pajillas y barrita comestibles también se utilizaron los utensilios del productor de cacao.

El análisis fisicoquímico, microbiológicos que se efectuaron a la cascarilla y a la barrita comestible, en el proceso de cada análisis se detallan los materiales y

equipos utilizados, al igual que en el proceso de la extracción de la solución péctica se detallan los materiales y equipos.

3.5. Variables

En la tabla 4, se muestra la definición y operacionalización de las variables del proyecto.

Tabla 4.
Definición y operacionalización de variables

Objetivo específico	Variables	Dimensiones	Indicadores	Definición Conceptual	Definición Instrumental	Definición operacional
Analizar la viabilidad de la extracción de pectina de la cáscara de cacao, basada en una prueba con respecto al método de referencia y las características del producto obtenido mediante comparación con pectina comercial en mermelada de piña.	1. Proceso de extracción 2. Características físicas de la mermelada elaborada con solución péctica en comparación con mermelada elaborada con pectina comercial	Rendimiento de extracción Brix, pH, viscosidad, gelificación	1. Viabilidad del método de extracción 2. Características de las mermeladas según dimensiones	Viabilidad de extracción para el método empleado Características finales del producto	Método por aplicación de calor Prueba de gelificación en mermelada Refractómetro, pHmetro, Viscosímetro	Mediante ensayos Mediante análisis físicos
Determinar las características bromatológicas y microbiológicas de la cascarilla del cacao (<i>Theobroma cacao</i>) de importancia para su aplicación como ingrediente alimentario, mediante análisis de laboratorio y revisión de datos de referencia.	1. Características bromatológicas 2. Características microbiológicas	Proteína, grasa, humedad, cenizas, colesterol, fibra dietética, vitaminas, carbohidratos. Mohos y levaduras, micotoxinas Recuento total aerobios mesófilos.	Características químicas, físicas y microbiológicas de la cascarilla según dimensiones	Son todas aquellas descripciones de las características físicas y microbiológicas que tiene la materia en general.	Métodos analíticos del laboratorio	Mediante los análisis fisicoquímicos Mediante los análisis microbiológicos.
Formular una propuesta de uso de la cascarilla de cacao, mediante la evaluación de dos posibles alternativas de producto alimenticio, como pajillas y barritas comestibles.	1. Alternativas de producto alimenticio con cascarilla de cacao	Características físicas (textura), químicas (fibra-proteína)	Producto con características físicas y químicas según dimensiones	Características finales del producto	Métodos analíticos del laboratorio Equipo de procesamiento	Mediante análisis fisicoquímicos y ensayos experimentales

3.6. Extracción de solución péctica de la cáscara de cacao

A continuación, se describe los materiales y el proceso que se utilizó en la extracción de la solución péctica de la cáscara de cacao:

3.6.1. Cáscara de cacao

El muestreo de la cáscara fue realizado en dos ocasiones, donde los lotes procesados en la empresa estaban compuestos por diferentes variedades de cacao. Se recolectó un total de tres muestras de diferentes lotes de producción, tres frutos completos para cada muestra, donde las cáscaras fueron mezcladas con el objetivo de realizar una muestra compuesta, la cual se almacenó en congelación a una temperatura de -18 °C durante el periodo de prueba.

Se realizó la determinación de presencia de plaguicidas en la cáscara de cacao en el laboratorio esto para asegurar el uso de la cáscara.

3.6.2 Equipos y reactivos

Para la extracción de la pectina de la cáscara de cacao, se utilizaron los siguientes materiales y reactivos disponibles en la planta de producción del proveedor de cáscara de cacao.

- Ácido cítrico.
- Balanza granataria.
- Utensilios recurrentes.
- Termómetro.
- Fuente de calor (plantilla de gas)
- Licuadora.
- Frascos estériles.

3.6.3. Análisis de plaguicidas

Para determinar la presencia de plaguicidas en la cáscara de cacao, se realizó el análisis de barrido de plaguicidas, se analizaron los siguientes grupos de compuestos: carbamatos, pesticidas ácidos y pesticidas especiales. (ver apéndice 2).

Este análisis se llevó a cabo por medio de cromatografía de masas, la preparación de la muestra por analizar consiste en el troceado de la cáscara para, posteriormente, ser molida. Después se pesaron 10 g de muestra, se colocaron en contacto con 10 mL de metanol y se coloca en agitación durante 30 minutos; luego, se centrifuga a una velocidad de 4 000 rpm durante 5 minutos. Por último, se filtró el extracto a través de un filtro de 0.25 μm para ser inyectado en el equipo de cromatografía, para este análisis se utilizó la cromatografía de líquidos acoplada a espectrometría de masas, a una temperatura de 25°C a una presión de 8702 psi, con un flujo de 400 $\mu\text{L}/\text{min}$, con dos fase móvil una de acetonitrilo y la otra de agua/metanol en una relación 90/10, se utilizó el equipo marca Agilent Technologies 1290, con una columna marca marca: XTerra MS, tamaño de partícula: 3,5 μm , fase: C18, tamaño de poro: 125 A, largo: 100 mm, diámetro interno: 2,1 mm

3.6.4. Proceso de extracción de la solución péctica de la cáscara de cacao

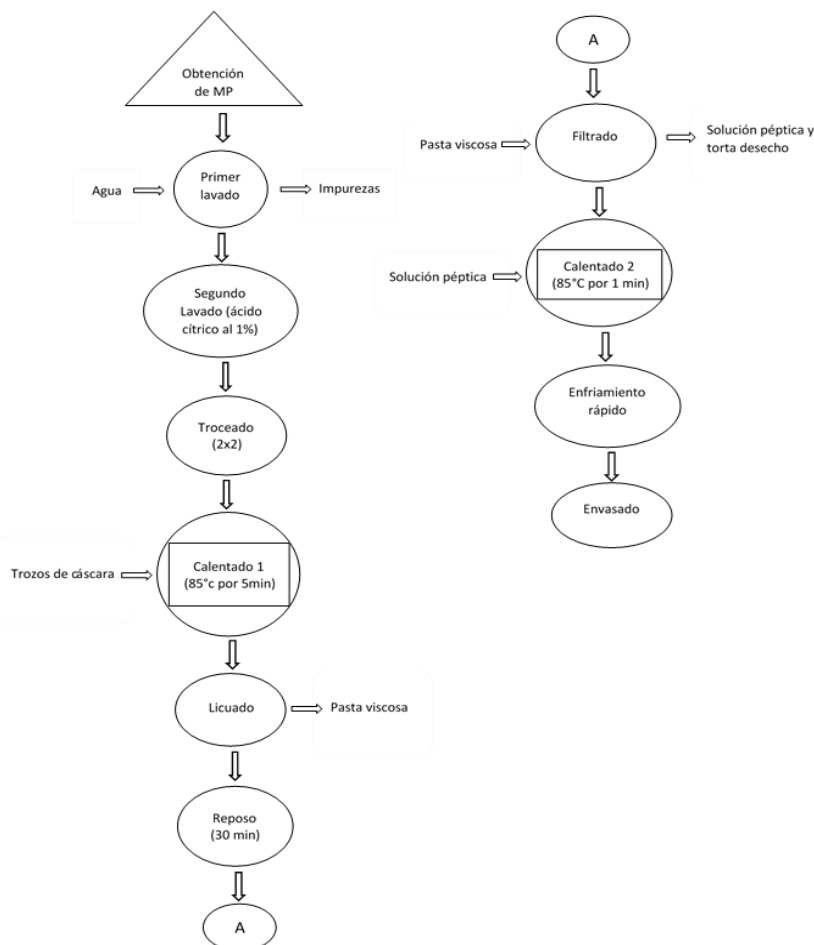
A la cáscara de cacao se le realizó una extracción mediante la metodología del artículo de referencia Bernal et al., (2014), donde logran extraer la solución péctica de la cáscara de cacao mediante la aplicación de tratamiento térmico y su funcionalidad aplicando la solución péctica en mermeladas de guayaba y mora, de esta forma, se determina su poder de gelificación.

Para extraer la solución péctica de la cáscara se toma una cantidad de 762 gramos la cual se sometió a un lavado con agua, luego un segundo lavado con ácido cítrico al 1%, para eliminar impurezas, un troceado con el fin de disminuir el tamaño. Luego, fueron mezcladas con agua en una relación 3:1, esta mezcla fue llevada a cocción hasta alcanzar una temperatura de 85°C, durante 5 minutos, con el fin de inactivar la enzima polifenol oxidasa. Posterior a esto, se licuó la mezcla hasta formar una pasta y se dejó en reposo por 30 minutos transcurrido este tiempo, se filtró mediante una tela de quesería y, por último, se llevó nuevamente a 85°C. Se dejó enfriar y se almacenó para su posterior uso en un frasco estéril.

Para determinar que el proceso de extracción y que la solución péctica extraída cumple con su función, se sometió a una comparación con pectina comercial de alto metoxilo marca (ver apéndice 11), mediante la elaboración de mermelada de piña.

En la figura 5, se observa el proceso de la extracción de la solución péctica en la cáscara de cacao.

Figura 5.
Diagrama de flujo de extracción de solución péctica de la cáscara de cacao



Fuente. Adaptado de “Aprovechamiento de la cáscara de cacao y su contenido de pectina en la preparación de mermeladas de tipo comercial”. por Bernal, R. N., Milena, M. C., Rodríguez, G. L., y Peralta, R. Y., 2014, *Revista Integra: Investigación Aplicada, Desarrollo Tecnológico e Innovación*, 1, 35-52 (<http://revistas.sena.edu.co/index.php/int/article/view/436>)

3.6.5. Elaboración de mermelada de piña

Para la formulación de mermelada con la solución péctica y la pectina comercial, se utilizó el método de referencia de Bernal et al. (2014), de esta forma, se utilizó como base de referencia para la relación de cantidad de pulpa y pectina. Con respecto al método de referencia, se hace la modificación en el tipo de fruta por utilizar para la mermelada; en el artículo de referencia utilizaron mora y maracuyá y

para este proyecto, se utilizó piña en ambas mermeladas con las mismas proporciones de fruta, azúcar y agua.

3.6.6. Evaluación del poder gelificante de la solución péctica en mermelada

La evaluación del poder de gelificación de la solución péctica extraída se realizó mediante la adición a las formulaciones de mermeladas, con el propósito de comparar sus características de gelificación en mermelada de piña. A una de las formulaciones se le agregó pectina comercial de alto metoxilo en una relación 50:1 de pulpa y pectina comercial y la otra, la solución péctica en una relación 50:12 de pulpa y solución péctica tomado como referencia para estas relaciones la investigación de los autores Bernal et al. (2014). Para comparar el poder gelificante en las mermeladas, se analizó la viscosidad, pH y °Brix de estas, los análisis fueron realizados en el laboratorio AGQ Lambda, metodología que se describe a continuación:

3.6.6.1. Viscosidad de la mermelada

Este análisis se realizó mediante el método de la AOAC: viscosidad aparente (consistencia), se utilizó el equipo viscosímetro de Brookfield, con el fin de llevar a cabo la prueba, se pesaron 100 g de mermelada en un *beaker*, luego se introduce el pin en el centro de la mermelada; se utilizó el pin número 7 y se procedió a tomar la lectura de la viscosidad, la medición se llevó a cabo a una temperatura de 20°C. Este procedimiento se realizó para ambas muestras de mermelada.

3.6.6.2. pH de la mermelada

El análisis se realizó de acuerdo con el método AOAC 981.12, para este se realiza una solución de la mermelada al 5%, es decir, se tomaron 5 g de mermelada y se le adicionaron 95 g de agua destilada y se llevó a cabo la lectura en el pHmetro, a una temperatura de 22°C. Este procedimiento se realizó para ambas muestras de mermelada.

3.6.6.3. Brix de la mermelada

El análisis se realizó de acuerdo con el método AOAC 932.12, utilizando el refractómetro digital (HANNA), este cuenta con compensación de temperatura de 10 y 40°C, se homogenizó la muestra de mermelada y se colocan aproximadamente 100 µL de esta en el prisma del refractómetro y se toma la lectura, Este procedimiento se hizo para ambas muestras de mermelada.

3.7 Características bromatológicas y microbiológicas de la cascarilla de cacao

A continuación, se describe los materiales y metodología que se utilizó para determinar las características físico químicas y microbiológicas en la cascarilla de cacao.

3.7.1. Cascarilla de cacao

Para los ensayos fisicoquímicos y microbiológicos de la materia prima de la cascarilla de cacao, la muestra se trasladó en bolsas estériles hasta el laboratorio, donde fueron realizados los análisis. El muestreo de la cascarilla fue realizado en dos ocasiones, donde los lotes procesados en la empresa estaban compuestos por diferentes variedades de cacao. Se recolectó un total de dos muestras de diferentes

lotes de producción, de un kilogramo cada muestra. La cascarilla junto con la semilla sufrió previamente un proceso de tostado a 100°C por aproximadamente 20 minutos.

3.7.2. Análisis fisicoquímicos

Se prepararon las muestras a través de una molienda hasta obtener un tamaño de partícula menor, llevado a cabo en un molino. Las muestras se mantuvieron a temperatura ambiente en envases herméticos.

Para las características bromatológicas de la cascarilla de cacao, fue seguida la metodología de la AOAC, por sus siglas en inglés Official Methods of Analysis (volumen 2) (1990), implementada por el laboratorio. Todos los procedimientos se realizaron por duplicado y con fines comparativos, los resultados se expresan en g/100g de muestra.

3.7.2.1. Grasa

Para la determinación del contenido de grasa de la cascarilla de cacao, se aplicó el método Soxhlet de AOAC 2003.06 utilizado para determinar grasas en alimentos, donde fueron pesados 2 g de muestra en un filtro y se colocan al equipo extractor ANKOM; en este, la extracción se realiza mediante lavados con hexano en caliente durante una hora. Después, se colocaron los filtros a secar en la estufa a 102°C durante 4 horas y hasta alcanzar un peso constante. El porcentaje de humedad se calculó a partir de la diferencia de peso de la muestra inicial y peso de la muestra final extraída.

3.7.2.2. Humedad

El contenido de humedad de la cascarilla fue estimado mediante el método AOAC 925.10, método gravimétrico utilizado para determinar humedad en alimentos; se pesaron 10 g de muestra y colocados en la estufa a 105°C durante 12 horas y una vez que su peso sea constante. El porcentaje de humedad se obtuvo mediante pérdida de peso del material inicial y la muestra seca final.

3.7.2.3. Cenizas

El análisis de ceniza en la cascarilla se realizó mediante el método AOAC 923.03 por calcinación de la muestra para la destrucción de la materia orgánica, se pesaron 2 g de muestra y colocaron en una mufla a 550°C por 6 horas. El cálculo del porcentaje de cenizas se basa en la diferencia de peso del material inicial y el peso del material de las cenizas.

3.7.2.4. Fibra alimentaria

El análisis de fibra alimentaria de la cascarilla se realizó mediante el método AOAC 985.29; este método se basa en previo descuento del contenido de cenizas y proteínas remanentes al residuo obtenido en el filtro.

Se pesa una muestra de 3 g y otra de 0,5 g; se agrega 25 mL de etanol y se deja reposar durante hora y media a una temperatura de 50 °C. Luego, se pasa por un filtro de papel se le hacen lavados con etanol y acetona; una vez realizados los lavados, los filtros son llevados a secar en la estufa a 105°C por 12 horas. Por último, se realiza el análisis de proteína y cenizas al residuo. El cálculo del porcentaje de fibra alimentaria se hace mediante la diferencia del contenido de ceniza y proteínas del residuo.

3.7.2.5. Proteína

La determinación de proteína de la cascarilla se realizó mediante el método AOAC 2001 por el método Dumas, el cual se basa en determinar el contenido en nitrógeno de la muestra, se pesaron 0.15 g de muestra y se colocan en el equipo Dumas; se obtuvo el porcentaje de proteína en la muestra utilizando el factor de 6.25.

3.7.2.6. Carbohidratos

Para la estimación del contenido de carbohidratos de la cascarilla, se obtuvo por diferencia, se suman todos los constituyentes del análisis proximal y se restó de 100. Este cálculo incluye el cálculo de fibra alimentaria.

3.7.2.7. Vitaminas

Para la determinación de vitamina A y D en cascarilla de cacao, se realizó mediante una saponificación donde se pesó 1 g de muestra a la que se adiciona 1 mL de ácido ascórbico, y 10 mL de solución de hidróxido de potasio con etanol y agua. Se coloca a baño María durante 45 minutos a una temperatura de 85°C, con agitación cada 5 minutos, luego se extraen las vitaminas de la solución de saponificación por medio de la adición con solvente, para este caso, hexano y, por último, se concentra la solución extraída con una corriente de nitrógeno y calor que no exceda los 50°C. Una vez evaporado el solvente en su totalidad de la solución, se reconstituye el residuo con metanol para ser inyectado en el equipo de cromatografía HPLC, a temperatura ambiente con un flujo de 1,5 mL/min utilizando una fase móvil de 100% metanol. Se utilizó el equipo marca Perkin Elmer, con

detector ultra violeta visible, con columna, marca: Luna, tamaño de partícula: 5 µm, fase: C18(2), tamaño de poro: 100 Å, largo: 250 mm, diámetro interno: 4,6 mm.

Para la determinación de vitamina C en cascarilla de cacao, se llevó a cabo mediante método del indofenol, donde se pesó 3 g de muestra y se adicionó 50 mL de agua destilada y 10 mL de ácido metafosfórico, se agita bien y se procedió a valorar con 2.6 diclorofenolindofenol. El cálculo se determinó con el volumen consumido del valorante en mililitros.

3.8. Análisis microbiológico de la cascarilla de cacao

En el análisis microbiológico de la cascarilla de cacao, se examinó el recuento de microorganismos aerobios mesófilos, *Escherichia Coli*, mohos y levaduras. Se hizo un primer análisis, donde la cascarilla (almacenada) estuvo empacada en bolsa de tela en un ambiente no controlado, expuesta a la humedad y el calor del exterior, pero, al obtener resultados no esperados, se realiza una visita al proveedor para observar el proceso de descascarillado, el almacenamiento de la cascarilla y obtener una segunda muestra de cascarilla (fresca) la cual se empacó en bolsa estéril, en un ambiente controlado que la proteja del calor y humedad del exterior, para realizar nuevamente los análisis microbiológicos. Los métodos de referencia utilizados son los del *Manual analítico bacteriológico (BAM)* de la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA, 2022); BAM Capítulo 5: *Salmonella*, BAM Capítulo 4: Enumeración de *Escherichia coli* y las bacterias coliformes, BAM Capítulo 3: Recuento de placas aeróbicas.

3.8.1 Análisis de micotoxinas

El análisis de micotoxinas se realizó a la cascarilla de cacao, por medio de cromatografía. La preparación de la muestra a analizar consiste en la molienda de la cascarilla hasta una consistencia de polvo fino, seguidamente se pesaron 10g de muestra se colocaron en contacto con 10 mL de metanol y se coloca en agitación durante 30 minutos, luego se centrifuga a una velocidad de 4000 rpm durante 5 minutos por último se filtró el extracto a través de un filtro de 0,25 µm, para ser inyectado en el equipo, a una temperatura de 25°C a una presión de 8702 psi, con un flujo de 400 µL/min, con dos fase móvil una de metanol/agua en una relación 90/10 y acetonitrilo/agua en una relación 10/90, de para este análisis se utilizó la cromatografía de líquidos acoplada a espectrometría de masas, se utilizó el equipo marca Agilent Technologies 1290, con una columna marca marca: XTerra MS, tamaño de partícula: 3,5 µm, fase: C18, tamaño de poro: 125 Å, largo: 100 mm, diámetro interno: 2,1 mm.

En el análisis de micotoxina se analizaron los siguientes compuestos: *Aflatoxinas (G1-2, G2-1, G2-2), Aflatoxinas (M1-1, M1-2) Don-1 (Vomitoxin), Don-2 (Vomitoxin), Tricotecenos (T2-1, T2-2), Zearalenona (ZON)-1, (ZON)-2, Ocratoxina A-1, A-2, Citrinina-1, Citrinina-2, toxina HT-2-1 y toxina HT-2-2.*

3.9. Elaboración de propuestas de pajillas comestibles

Para la elaboración de los prototipos de pajillas comestibles a base de cascarilla de cacao, se realizaron cuatro formulaciones (A, B, C, D) que se detallan a continuación, con el fin de determinar las cantidades y los ingredientes a utilizar para cada formulación de acuerdo con la necesidad en específico para lograr las

pajillas comestibles. Los resultados para cada formulación se evaluaron de acuerdo con funcionalidades específicas de las pajillas, es decir, que logre mantener la firmeza y que resista un tiempo de 20 minutos en contacto con soluciones líquidas.

3.9.1. Descripción del proceso de formulación A de pajillas comestibles con de cascarilla

1. Se inicia con la obtención de la materia prima (cascarilla de cacao), la cual se verifica que no cuente con ningún tipo de material extraño.
2. Seguidamente, se realiza el pesado de la materia prima de acuerdo con la formulación.
3. Luego del pesado de ingredientes, se coloca la cascarilla de cacao en la trituradora, para realizar una molienda de esta y, de este modo, obtener partículas de cascarilla más pequeñas para una mejor manipulación y apariencia en el producto final; cuando las partículas de la cascarilla están más reducidas, se agrega agua para que se forme un tipo de pasta.
4. Seguidamente, se realiza el mezclado número uno, el cual consiste en colocar en almidón en un recipiente a fuego lento, se agrega agua y se mantiene en constante movimiento hasta que el almidón se gelifique.
5. Se realiza el mezclado número dos, donde se agrega en un recipiente la pasta obtenida de la cascarilla (en la molienda), el almidón gelificado (en el mezclado 1), glicerina y sorbitol, se mezclan todos estos ingredientes hasta obtener una pasta uniforme y homogénea.
6. Se realiza el moldeo y formado de las pajillas.

7. Se llevan a un proceso de enfriamiento por una hora a temperatura ambiente aproximadamente en unos 22°C.
8. Una vez finalizado el proceso de enfriamiento, se procede a desmoldear el producto.

3.9.2. Descripción del proceso de formulación B de pajillas comestibles a base de cascarilla

1. Se inicia con la obtención de la materia prima (cascarilla de cacao), la cual se verifica que no cuente con ningún tipo de material extraño.
2. Se realiza el pesado de ingredientes con base en la formulación B.
3. Seguidamente, se realiza el mezclado número uno, el cual consiste en colocar el almidón a fuego lento, y agregar agua, se mantiene constantemente en movimiento hasta que el almidón se gelifique.
4. Se realiza el mezclado número dos, en este se agrega en un recipiente la cascarilla, el almidón gelificado (mezclado uno), glicerina, sorbitol y gelatina sin sabor previamente hidrolizada, se combinan todos estos ingredientes hasta obtener una pasta uniforme.
5. Se realiza el moldeo y formado de las pajillas.
6. Se llevan a un proceso de enfriamiento por una hora a temperatura ambiente aproximadamente en unos 22°C.
7. Finalizado el proceso de enfriamiento, se desmolda el producto.

3.9.3. Descripción del proceso de formulación C de pajillas comestibles a base de cascarilla

1. Se inicia con la obtención de la materia prima, la cual se verifica que no cuente con ningún tipo de material extraño.
2. Se realiza el pesado de ingredientes con base en la formulación C.
3. Seguidamente, se colocan los malvaviscos en el microondas, para que estos se derritan por 30 segundos.
4. Se inicia con el mezclado número uno, el cual consiste en agregar el azúcar en polvo y los malvaviscos derretidos en un recipiente y mezclar bien hasta formar una pasta.
5. Seguidamente, se realiza el mezclado número dos, el cual se agrega a la pasta de los malvaviscos y el azúcar en polvo, la cascarilla y gelatina previamente hidrolizada.
6. Luego se realiza el formado de las pajillas con un recubrimiento de glicerina.
7. Para finalizar el proceso, se realiza el enfriamiento del producto por una hora a temperatura ambiente aproximadamente en unos 22°C.

3.9.4. Descripción del proceso de la formulación D de pajillas comestibles a base de cascarilla de cacao.

1. Se inicia con la obtención de la materia prima, la cual se verifica que no cuente con ningún tipo de material extraño.
2. Se realiza el pesado de ingredientes con base en la formulación D.

3. Seguidamente, se realiza el mezclado número uno, el cual consiste en colocar el almidón en un recipiente a fuego lento, se agrega agua y se mantiene en constante movimiento hasta que el almidón se gelifique.
4. Se realiza el mezclado número dos, donde se agrega en un recipiente la cascarilla, el almidón gelificado (mezclado uno), azúcar en polvo, gelatina sin sabor previamente hidrolizada y carboximetilcelulosa, se mezclan bien todos estos ingredientes hasta obtener una pasta uniforme.
5. Se realiza el moldeo y formado de las pajillas.
6. Se llevan a un proceso de enfriamiento por una hora a temperatura ambiente aproximadamente en unos 22°C.
7. Finalizado el proceso de enfriamiento, se desmolda el producto.

3.10. Propuesta de barra comestible para el aprovechamiento de la cascarilla de cacao

De acuerdo con las características nutricionales de la cascarilla de cacao, en las que prevalece su contenido de proteína y fibra alimentaria, se decidió realizar una formulación para la barra comestible que fuera fuente de proteína y fibra alimentaria; según esto, se eligieron ingredientes en la formulación que tuvieran un aporte de estas características nutricionales.

3.10.1. Descripción del procedimiento de barras comestibles a base de cascarilla de cacao

1. Se inicia con la obtención de la materia prima (cascarilla de cacao).
2. Seguidamente, se realiza el pesado de materia prima con base en la formulación.
3. Luego, se hace el mezclado 1, el cual consiste en los ingredientes húmedos (miel de abeja y mantequilla de maní).
4. Se colocan a calentar a fuego lento (50°C) por un aproximado de dos minutos hasta que estos queden con una consistencia líquida.
5. Luego, se realiza el mezclado dos con los ingredientes secos (cascarilla de cacao, avena, almendras y chía), la cascarilla y las almendras se trituran para disminuir su tamaño, cuando ya se tiene la mezcla de todos los ingredientes secos.
6. Se inicia con el mezclado tres, el cual es la mezcla de los ingredientes húmedos con ingredientes secos, lo que da como resultado una pasta uniforme.
7. Se debe colocar en un molde para iniciar con el formado de la pasta.
8. Se precalienta el horno a una temperatura de 250°F por 10 minutos.
9. Luego se colocan a hornear la pasta ya formada a la misma temperatura de 250°F por 15 minutos.
10. Después del horneado, se deja enfriar por un aproximado de una hora.
11. Se hace desmoldeado y se realiza el troceado en forma de barras.

Una vez que se obtuvo la barra nutricional, se envió al laboratorio para realizar los análisis de contenido de proteína y fibra alimentaria, así como análisis

microbiológicos de recuento total de aerobios mesófilos, mohos y levaduras, *E.coli*, mediante los métodos de referencia del Manual analítico bacteriológico (BAM) de la FDA (2022): BAM Capítulo 5: *Salmonella*, BAM Capítulo 4: Enumeración de *Escherichia coli* y las bacterias coliformes, BAM Capítulo 3: Recuento de placas aeróbicas.

Como la cascarilla que se utilizó contaba con presencia *aerobios mesófilos*, mohos y levaduras, se decide hacer los mismos análisis a la barrita comestible como producto final y así se realizó una comparación y ver el comportamiento que se tuvo después del producto horneado.

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Este capítulo contempla los resultados obtenidos de cada una de las pruebas realizadas, la extracción de la solución péctica de la cáscara de cacao y la comparación con pectina comercial en mermelada de piña, la caracterización fisicoquímica y microbiológica de la cascarilla de cacao y las alternativas de producto como las pajillas y barritas comestibles con cascarilla de cacao.

4.1. Extracción de solución péctica de la cáscara de cacao

En este apartado se describen todos los resultados obtenidos en el proceso de la extracción de la solución péctica y la comparación con la pectina comercial en mermelada de piña, se inicia con el análisis de plaguicidas para comprobar que la cáscara se puede utilizar, luego la funcionalidad de la extracción y por último la comparación en las mermeladas.

4.1.1 Análisis de plaguicidas para la cáscara de cacao

Para llevar a cabo la extracción de la solución péctica se realizó el análisis de plaguicidas, de esta forma determinar si las cáscaras utilizadas contenían o no sustancias químicas, el cual se obtuvo un resultado para la cáscara utilizada de libre de plaguicidas (ver apéndice 3), permitiendo su uso para la extracción de la solución péctica. El manejo de plagas en el cultivo del cacao se basa en el uso de diferentes técnicas o prácticas agrícolas fitosanitarias durante la cosecha para mantener a las plagas en niveles que no causen daño a las plantaciones, sin embargo, algunas de estas acciones preventivas no son suficientes y se debe recurrir al uso de químicos, es por esta razón que al ser la cáscara la parte expuesta al contacto con sustancias químicas y la misma utilizada en su totalidad para esta investigación, fue importante realizar previamente este análisis.

4.1.2. Funcionalidad de extracción y uso de solución péctica de la cáscara de cacao

El proceso de extracción mediante la aplicación de calor a la cáscara de cacao, comprendió principalmente tres procesos: troceado, cocción a una temperatura de 85°C y el filtrado mediante una tela, de donde finalmente se obtuvo la solución péctica. A continuación, en la figura 6 se observa la solución péctica extraída.

Figura 6.
Solución péctica obtenida de la cáscara de cacao



Fuente. Elaboración propia con base en resultados de experimentación.

En la figura 6, se observa la solución péctica extraída, la cual presenta una textura bastante viscosa y gomosa, no presenta olor y tiene una coloración oscura, debido al contenido de compuestos fenólicos en la cáscara esto según Barazarte et al. (2008).

De acuerdo con los resultados obtenidos del proceso de extracción de solución péctica de la cáscara de cacao, se demostró que es posible emplear el método aplicando calor, ya que se realizó una comparación de pectina comercial y

de la solución péctica en mermelada y el resultado de dicha comparación es que los productos finales presentaron características muy similares.

En el proceso de extracción que se realizó por el método de calor, se obtuvo el rendimiento de la solución péctica que se detalla en la tabla 5.

Tabla 5.

Rendimiento de la obtención de la solución péctica de la cáscara de cacao

Variable	Cáscara de cacao	Solución péctica obtenida
Cantidad (g)	762	23
Rendimiento (%)	N/A	3.02%

Fuente. Elaboración propia con base en resultados de experimentación.

Como se demuestra en la tabla 5, el rendimiento de extracción de la solución péctica es de 3.02%, el cual está dentro del rango mencionado en la investigación de Barazarte et al. (2008), el cual es de 2.64% a 4.69% de rendimiento en la extracción de pectina de la cáscara de cacao. Este autor utiliza el método mediante hidrólisis ácida, sin embargo, indica que, en el rendimiento de extracción y pureza de la pectina, es la temperatura que juega un papel fundamental. Indica que la mejor temperatura de trabajo para la extracción de pectina es de 90°C, a causa de que ocurre un mayor rompimiento de los enlaces presentes en la protopectina generado por el aumento de temperatura. Para la presente investigación, se realizó la extracción de la pectina a una temperatura de 85°C por 5 minutos, basado en la metodología de Bernal et al. (2014).

Otro factor por considerar durante la extracción de pectina es la filtración, proceso que fue bastante arduo, debido a la consistencia de la solución péctica, la cual es bastante viscosa, para pasar la membrana filtrante requiere de fuerza, de no ser así, es probable que no se logre extraer en su totalidad la solución pectina

en la pasta; por lo que implementar un filtrado mediante prensado automatizado mejoraría el rendimiento de extracción.

Para las pruebas de funcionalidad de gelificación, se realizaron dos formulaciones de mermelada de piña; una de estas con pectina comercial (ver apéndice 11) y otra con la solución péctica extraída de la cáscara de cacao, con el fin de comprobar su poder de gelificación con respecto a pectina comercial. Para esto se llevaron a cabo los análisis de pH, °Brix y viscosidad, estos resultados se muestran más adelante (ver tabla 8), siendo esta última la que indique si posee poder gelificante la solución extraída de la cáscara de cacao.

4.1.3 Comparación de la solución péctica y pectina comercial en mermelada de piña

La tabla 6 presenta en detalle la formulación para la mermelada de piña con pectina comercial. Por su parte, la tabla 7 presenta en detalle la formulación para la mermelada de piña con solución péctica.

Tabla 6.
Formulación de mermelada con pectina comercial

Ingredientes	Cantidades (g)	Porcentaje (%)
Agua	256	53
Piña	128	26
Azúcar	102	21
Pectina comercial	1	0,2
Total	487	100

Fuente. Elaboración propia con base en resultados de experimentación.

Tabla 7.
Formulación de mermelada con solución péctica

Ingredientes	Cantidades (g)	Porcentaje (%)
Agua	256	51
Piña	128	26
Azúcar	102	20
Solución péctica	13	3
Total	499	100

Fuente. Elaboración propia con base en resultados de experimentación.

Como se observa en las tablas anteriores las formulaciones para ambas mermeladas son igual, la única variante fue el agente gelificante, a la mermelada con pectina comercial se le agregó 0,2 % y a la mermelada con solución péctica se le agregó 3%, esto debido a que la pectina comercial utilizada es de alto metoxilo y su presentación es en polvo, por ende, se debe utilizar en pequeñas cantidades por su alto poder gelificante. En la figura 7, se observa la apariencia de la mermelada de piña elaborada con solución péctica versus mermelada de piña elaborada con pectina comercial.

Figura 7.
Mermeladas elaboradas con pectina comercial y solución péctica obtenida



Fuente. Elaboración propia con base en resultados de experimentación.

Como se logra observar, la mermelada con la solución péctica presenta una tonalidad más oscura, comparada con la mermelada de la pectina comercial, esto

ocurre debido al color pardo presente en la solución péctica, causado por la presencia de compuestos fenólicos en la pectina extraída (Barazarte et al., 2008), lo cual sería una limitante de su uso, pues podría originar la aparición de colores no deseados en la matriz donde se utilice. Sin embargo, es posible prevenir mediante el análisis de determinación del contenido de compuestos fenólicos responsables de la coloración de la pectina o utilizar una fruta con un color más intenso.

Figura 8.

Comparación visual de la mermelada con solución péctica y pectina comercial.



Fuente. Elaboración propia con base en resultados de experimentación.

Nota: mermelada con solución péctica (1). Mermelada con pectina comercial (2).

En la figura 8, se puede observar cómo la mermelada con solución péctica y pectina comercial presentan una gelificación estable, al voltear los recipientes que la contienen, estas mantienen su estado.

Algunos autores también evaluaron la aceptabilidad de la solución péctica, comparando su poder gelificante con pectina comercial en mermeladas. Bernal et al. (2014) realizan el método de extracción de pectina de la cáscara de cacao mediante calor y realizan análisis fisicoquímicos a la solución péctica, resultados que la caracterizan por su alto contenido de metoxilos. Se obtiene un resultado de 15.52 mg/5 g, un grado de esterificación de 88%, con un contenido de ácido galacturónico de 13 mg/100mg de solución péctica. Lo que hace que la solución gelifique a altas temperaturas en poco tiempo.

Otro estudio indica que el contenido de metoxilo y el grado de esterificación de las pectinas extraídas en Colombia revelan predominio de pectinas de bajo metoxilo, las cuales se caracterizan por un grado de metilación menor a 7 g/100g y un grado de esterificación menor a 50%. En este estudio, el método de extracción es por hidrólisis ácida, el pH es un factor determinante en este tipo de extracción, pudiendo afectar rendimiento, grado de metoxilo y grado de esterificación (Barazarte et al., 2008).

En la tabla 8, se observan los valores obtenidos para los análisis de pH, Brix y viscosidad realizados a la mermelada para comparar sus características.

Tabla 8.

Resultados de la mermelada con pectina comercial versus solución péctica

Variable	Con pectina comercial	Con solución péctica
pH	3,78	3,85
° Brix	77,6	77,6
Viscosidad	31,400 cps	23,800 cps

Fuente. Elaboración propia con base en resultados de experimentación.

Como se observa en la tabla 8, la viscosidad para la mermelada con solución péctica es menor que la viscosidad de la mermelada con pectina comercial, sin embargo, la diferencia entre estas no presentó una variabilidad considerable y se justifica debido a que, al ser una pectina comercial, su concentración es mayor y, por ende, su resistencia a fluir. Esta se conoce como viscosidad dinámica, es la propiedad de los fluidos y se caracteriza por su resistencia a fluir, debida al rozamiento entre sus moléculas, su unidad de medida más utilizada es el centipoise (cps) (Chasquibol y Morales, 2010).

Las características que presentó la solución péctica la clasifican como pectina de alto metoxilo, puesto que los resultados de la solución péctica son muy parecidos a los que se obtienen de la pectina comercial de alto metoxilo, ya que esta fue capaz de formar gel en condición de pH de 3.78 y un contenido de sólidos solubles de 77.6. De acuerdo con Muñoz (2016), las pectinas de alto metoxilo pueden formar un gel solo si el contenido de sólidos solubles totales es igual o superior al 60% con un máximo de 80%. El pH necesario para que gelifique se debe situar entre 2.0 y 3.5.

Las características visuales de ambas mermeladas son muy semejantes, con los resultados obtenidos se considera que la solución péctica sí da resultados similares a las características de un agente gelificante, pero la limitante de esta extracción es el proceso de filtrado que es muy difícil, debido a que la solución péctica es muy viscosa y por esto el porcentaje de rendimiento no es alentador para un proceso a nivel industrial. Barazarte et al.(2008), mencionan que, de la cáscara de cacao, se puede obtener de 8 g a 11g/100g de pectina y que está presente

características químicas que podrían ser de interés para uso industrial, pero es necesario optimizar los parámetros de extracción para aumentar el rendimiento.

4.2. Características bromatológicas y microbiológicas de la cascarilla de cacao

Este apartado describe los resultados obtenidos de los análisis físico químicos, microbiológicos y micotoxinas, realizados a la cascarilla de cacao para esta investigación y los resultados de otros autores como datos de referencia y comparación.

4.2.1 Análisis fisicoquímicos para la cascarilla de cacao

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de la composición química de la cascarilla de cacao en cuanto a sus principales nutrientes, mencionando resultados de otros autores, a fin de realizar una comparación de manera general. Los resultados se observan en la tabla 9.

Tabla 9.
Caracterización química de la cascarilla de cacao

Composición	Valores	Desviación
Grasa	6.1 %	-
Ceniza	8.4 %	-
Proteína	18.8 %	±0,12
Humedad	14.3 %	±0,07
Fibra dietética	5.51 %	-
Carbohidratos	52.4 %	-
Vitamina A, D	0 mg/100g	-
Vitamina C	27.1 mg /100g	±0,02

Fuente. Elaboración propia con base en resultados de análisis de laboratorio.

El resultado obtenido de grasa es de un 6,1%, como se observa en la tabla 9, siendo esto un resultado aceptable para la cascarilla analizada, puesto que es mayor al resultado de Teneda et al. (2017) que fue de 5.37% y está dentro del rango que mencionó Soto (2012), el cual indica que la cascarilla de cacao tiene un rango de grasa de 1 al 6%.

Se obtuvo un 8,4% para cenizas, mismo dato obtenido por el autor Teneda et al. (2017), lo que demuestra que la cascarilla de cacao aporta minerales, ya que el residuo inorgánico que queda luego de la incineración representa el contenido de mineral de un alimento (Soto, 2012).

Con respecto al resultado de proteína, fue de un 18.8%, el dato obtenido se encuentra dentro del rango mencionado por otros autores como Sangronis et al. (2014), dicho rango es de 13% al 20% y es mayor al resultado que se presenta en Teneda et al. (2017), el cual es 15.6%. Por dichas razones el resultado obtenido es aceptable ya que es fuente de proteína y hace que la cascarilla sea un producto muy atractivo para la elaboración de alimentos.

Como se evidencia en el resultado de humedad es de un 14.3%, este valor no era lo que se esperaba para la cascarilla ya que, esta es una matriz seca y es superior al dato reportado en Teneda et al. (2017) que fue 9.78%. Una de las razones por las que el dato de humedad del presente trabajo es superior, es a causa del almacenamiento de la cascarilla ya que esta no se encontraba en un ambiente controlado y condiciones de almacenamiento adecuadas, puesto que se encontró expuesta a temperatura y humedad del exterior, empacada en bolsa de tela.

Del análisis para la obtención de fibra dietética se obtuvo un resultado de 5,51%, con lo que se puede decir que la cascarilla analizada es fuente de fibra,

aunque este es menor al dato de referencia tomado de Teneda et al. (2017) que es de un 6,26%, esto pudo ser por el tipo de cacao, las condiciones geográficas y climáticas donde se cultivó el cacao y hasta el tipo de procesamiento que se aplicó.

El resultado de carbohidratos para la cascarilla de cacao es de 52.4%, el cual está dentro del rango esperado, aunque el dato es inferior al reportado en Teneda et al. (2017), el cual es de un 59.89%, ya que los resultados son calculados de acuerdo con la normativa europea, Debido a que, el contenido de carbohidratos contempla la normativa estadounidense o europea, en el cálculo algunos consideran fibra alimentaria y otros no la consideran. Para la normativa de etiquetado de Costa Rica, considera el dato de fibra alimentaria como parte del cálculo, resultado importante ya que los carbohidratos son la principal fuente de energía en la dieta humana.

Luego de realizar tres repeticiones para el análisis de vitamina A y D, se tiene como resultado ausencia de estas en la muestra de cascarilla de cacao; esto pudo ser a causa de la degradación durante los procesos a los que se someten los granos del cacao para su procesamiento o durante el almacenamiento, en especial si este se realizó a la exposición de luz. En la literatura, Cubas et al. (2018) mencionan que la cascarilla de cacao aporta cantidades significativas de estas vitaminas, sin embargo, no se dice un dato exacto de cuánto contiene, al igual que otros autores solo indican que son fuente de vitamina, pero no se demuestran datos precisos del contenido.

De vitamina C se obtuvo un 27.1mg /100g considerablemente superior al resultado de 0.04 mg /100g obtenido por Vivanco et al. (2017), quienes indican que esta diferencia puede estar asociada con el entorno geográfico donde se cosecha

la planta, el suelo donde crece, el grado de maduración del fruto, incluso variaciones genéticas del cacao. Otra razón pudo ser que, en el descascarillado de la semilla de cacao, queden adheridas partículas de la semilla en la cascarilla, representando un resultado que se podría considerar como interferencia, conocido como efecto matriz, donde existen otros componentes que hacen que la sensibilidad de la técnica empleada pueda verse afectada en una disminución o aumento del resultado.

En síntesis, los resultados obtenidos de la composición química de la cascarilla de cacao en su mayoría están dentro de los rangos mencionados por los autores citados anteriormente, en el caso de los resultados que no estuvieron dentro de los rangos de las investigaciones, es debido a factores como la variedad del cacao, condiciones del cultivo, el tiempo de secado en campo, tiempo de almacenaje, prácticas agrícolas y del proceso del cacao.

4.2.2 Análisis microbiológicos para la cascarilla de cacao

En la tabla 10, se presentan los resultados microbiológicos realizados a la cascarilla de cacao obtenida luego del tostado de los granos de cacao sin ningún tipo de procesamiento posterior a este, estos análisis se realizaron como parte de su caracterización para ser usada como materia prima.

Tabla 10.

Resultados de análisis de microbiología en la cascarilla de cacao

Análisis	Cascarilla de cacao
Recuento de mohos y levaduras	5,0 x10 ² UFC/g
Recuento total aerobio mesófilo	6,0 x 10 ³ UFC/g

Fuente. Elaboración propia con base en resultados de análisis de laboratorio.

El resultado para recuento total aerobio mesófilo en la cascarilla de cacao, fue como se observa en la tabla 10, resultado esperado, ya que este tipo de microorganismos se encuentra de forma extensa y las condiciones de crecimiento son dadas fácilmente en el ambiente, (Soto, 2012) en su investigación realiza la determinación de aerobios mesófilos, en un total de 5 muestras analizadas para un resultado de presencia de este tipo de microorganismos en todas las muestras, con resultados de 10^3 y 10^4 UFC/g, sin embargo, un recuento elevado no significa presencia de flora patógena. Además, un resultado que supere 10^6 UFC/g se considera que el producto inicia su deterioro, la calidad de las prácticas agrícolas aplicadas a los granos de cacao desde su cosecha hasta secado, almacenado y transporte son factores que influyen en los resultados.

En la visita se observa que el manejo de la cascarilla de cacao no es el correcto, debido a que esta es almacenada sin ningún tipo de protección contra humedad, temperatura e insectos, favoreciendo el crecimiento de hongos, resultado que se observa en la tabla 6, donde la etapa de mayor contaminación es el secado al sol, ya que la cascarilla es la parte expuesta del grano.

Debido a esto, se decide recolectar nuevamente cascarilla de cacao en condiciones de almacenamiento diferente al anterior y así repetir los análisis microbiológicos; a su vez, elaborar la barrita comestible y ser analizada para evaluar la probabilidad de bajar la carga microbiana en el horneado como tratamiento térmico.

En la tabla 11, se presentan los resultados obtenidos entre la cascarilla almacenada y la cascarilla fresca que se obtuvo en el momento de la visita al proveedor.

Tabla 11.*Resultados de microorganismos entre cascarilla almacenada y cascarilla fresca*

Análisis	Cascarilla Almacenada	Cascarilla Fresca
Recuento de mohos y levaduras	5,0 x10 ² UFC/g	4,6 x10 ³ UFC/g
Recuento total aerobio mesófilo	6,0 x 10 ³ UFC/g	3,8 x 10 ⁷ UFC/g

Fuente. Elaboración propia con base en resultados de análisis de laboratorio.

En la tabla 11, se observa que la carga para mohos y levaduras de la cascarilla fresca aumentó con respecto a la cascarilla almacenada de igual forma, en recuento total aerobio mesófilo, la carga aumentó de forma considerable.

Las posibles causas pudieron ser la forma como fue manipulada durante el proceso de extracción de la cascarilla, higiene del equipo y utensilios usados, el proceso de almacenamiento, esto debido a que se realiza en un ambiente no controlado, además de que el proceso de descascarillado se realiza mediante un flujo de aire que proviene de un equipo que no recibe limpieza previa. Otra causa pudo ser que la cascarilla almacenada pierde humedad y, por ende, afecta la actividad microbiana, caso contrario para la cascarilla fresca debido que era notable la presencia de granos con moho, debido a la humedad a causa de bajas temperaturas por época lluviosa.

La actividad microbiana de la cascarilla de cacao también dependerá del control de los granos de cacao desde su cosecha hasta sus tratamientos posteriores, debido a que esta es la parte expuesta del grano y la que entra en contacto con las superficies, durante el secado y tostado del grano, por ende, si las BPA y BPM no están bien controladas, la cascarilla estaría expuesta a contaminarse en presencia de crecimiento de microorganismos; factor importante porque delimita las posibles

aplicaciones, aunque estos no representen peligros para el consumidor, pero sí con deterioro del producto.

El resultado de micotoxinas en cascarilla fue negativo (ver apéndice 4), lo que significa que no había presencia o no fue detectada por el método aplicado, estos resultados pueden deberse a diversos factores como que los granos de donde se tomó la cascarilla no estaban contaminados con el hongo *Aspergillus* o en caso de que así lo fuera estos no produjeron la toxina.

La contaminación del alimento por hongos *Aspergillus* ocurre principalmente en la etapa del secado al sol, estas especies son favorecidas por condiciones de alta humedad y temperaturas moderadas de (30-45°C), mientras que las especies *Penicillium* también asociadas a la producción de ocratoxinas en alimentos, se presentan a condiciones de baja temperatura (5 a 25°C). (Soto, 2012). Estas condiciones de crecimiento de hongos y toxinas se limitan en el proceso del tostado del grano de cacao, que ocurre antes del descascarillado, a causa que la humedad disminuye y la temperatura es elevada.

Las condiciones en las que se mantuvo la cascarilla de cacao en el proceso de secado que es donde existe mayor posibilidad de contaminación con el hongo *Aspergillus* en comparación con lo mencionado anteriormente, fueron con una humedad baja ya que el lugar donde se obtiene la muestra es de un clima caliente-seco, lo cual pudo ocasionar que no se genere el hongo que produce las micotoxinas, aunque se halla presentado un porcentaje alto de moho y levaduras en la cascarilla, las condiciones no eran las adecuadas para el crecimiento y desarrollo de este hongo.

En el cacao se ha detectado la presencia de micotoxinas como la ocratoxina A, esta es de estructura estable e incluso para sobrevivir a la mayoría de los procesamientos industriales, sin embargo, el horneado y tostado reducen su incidencia en un 20%, pero procesos físicos como la limpieza de los granos antes de su molienda puede disminuir en un 50% el contenido de la toxina. (Soto, 2012)

Es recomendable que los tratamientos térmicos durante el procesamiento del cacao, como son el secado y el tostado, se realicen en un ambiente controlado, de manera y con el equipo correcto, que se apliquen las temperaturas adecuadas para cumplir con el objetivo del tratamiento; esto porque, al utilizar la cascarilla de cacao como materia prima, la calidad se ve afectada si no se cumple.

Con el objetivo de aprovechar la cascarilla de cacao como materia prima, se debe implementar la aplicación correcta de BPM, con el fin de bajar la carga microbiana, durante el almacenamiento o manejo de esta. La limpieza y desinfección de los equipos es fundamental para obtener productos de calidad.

4.3 Propuesta de uso de la cascarilla de cacao

En este apartado se muestran los resultados de las formulaciones de las pajillas comestibles y de la barra al igual que los resultados de los análisis microbiológicos que se hicieron a la barra como producto terminado.

4.3.1. Propuesta de pajillas comestibles con cascarilla de cacao

De acuerdo con los resultados obtenidos de la caracterización de la cascarilla de cacao, se realizaron cuatro prototipos de pajillas comestibles. A continuación, se muestran los resultados obtenidos de cada formulación. La tabla 12 presenta la descripción para la formulación A.

Tabla 12.

Formulación A de pajilla comestible a base de cascarilla de cacao

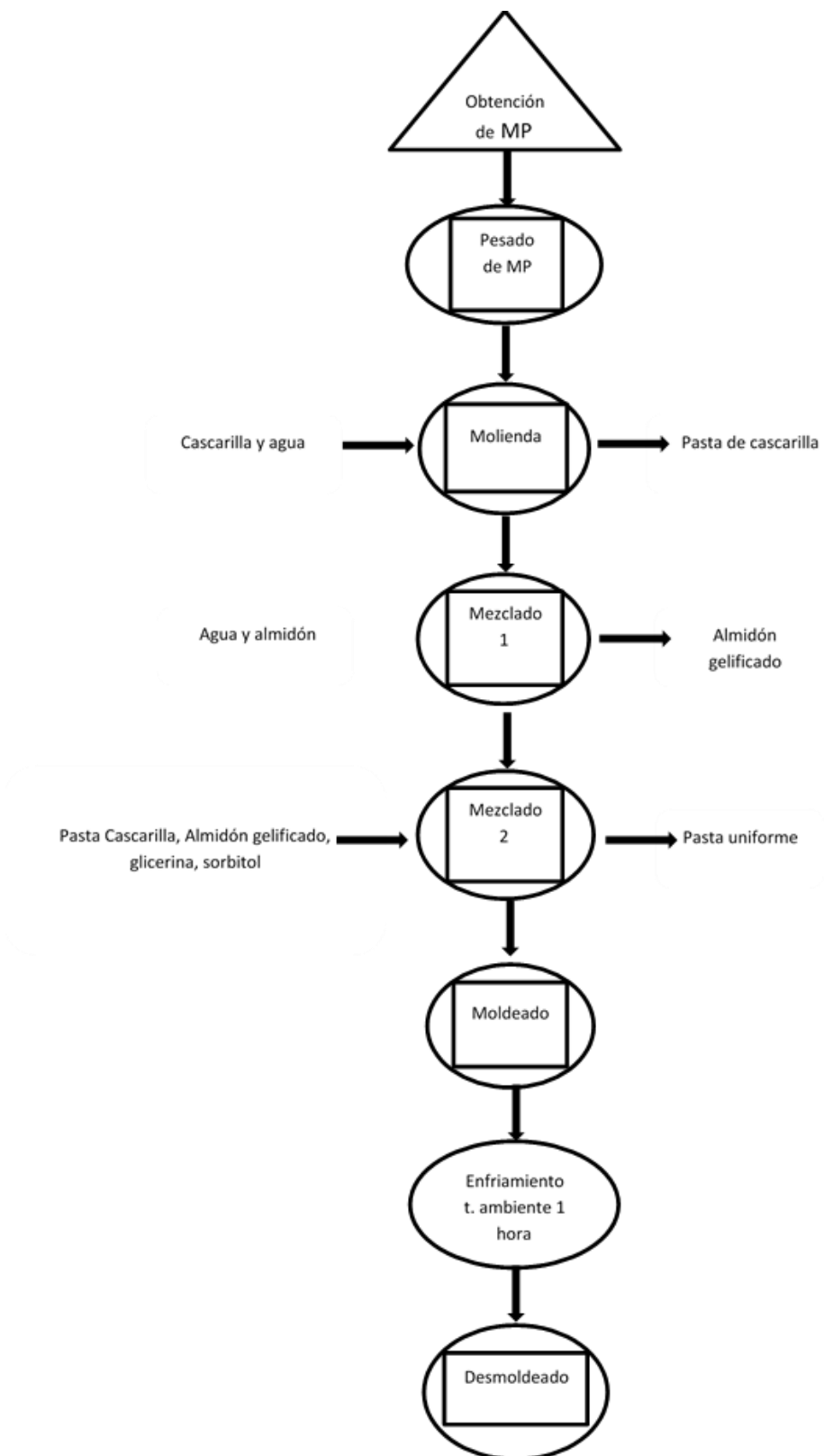
Ingredientes	Cantidades (g)	Porcentaje (%)
Agua	150	65
Cascarilla de cacao	60	25.83
Almidón	15	6.45
Gelatina en lamina	5	2.15
Glicerina	1.25	0.53
Sorbitol	1	0.43
Total	232.25	100

Fuente. Elaboración propia con base en resultados de experimentación.

En la figura 9, se observa el proceso de elaboración de pajillas comestibles con cascarilla de cacao utilizando la formulación A.

Figura 9.

Diagrama de flujo de la formulación A de pajillas comestibles con cascarilla de cacao



La figura 10 presenta los resultados de la apariencia de la pajilla en la formulación A.

Figura 10.

Resultado de la pajilla con la formulación A



Fuente. Elaboración propia con base en resultados de experimentación.

Como se observa en la figura 10, el resultado de la apariencia de las pajillas de la formulación A fue una pasta gomosa, la cual dificultó el formado de la pajilla; cuando se logra formar el producto, este se mantiene a temperatura ambiente aproximadamente por una hora para su debido secado. Una vez seca, se coloca en contacto con agua para observar su funcionalidad, la cual tardó un tiempo aproximado de 8 minutos con una apariencia agradable. Transcurrido este tiempo, la pajilla se comenzó a desintegrar formando un residuo en el líquido, debido a que el contenido de agua es mayor al de sus agentes espesantes y gelificantes.

Los resultados de la formulación A están basados en una formulación baja en agente gelificante (gelatina), en espesante (almidón), humectantes/plastificantes (glicerina y sorbitol líquido); sus ingredientes principales son el agua y la cascarilla, por lo que se espera una pasta que aporte flexibilidad para moldear que, a la vez, dé rigidez en la forma del producto.

Según Juvina et al. (2015), el porcentaje de agua que utilizan en la formulación para elaborar pajillas comestibles es de 3% a 15%, en la formulación B para hidratar y formar la pasta fue necesario utilizar un porcentaje del 65%; esta es una de las principales razones por las que se desintegra fácilmente en contacto con agua. Debido a que las pajillas no llevan ningún tratamiento térmico, la disponibilidad del agua no permitió que la pajilla presentara estabilidad en la rigidez y, por ende, facilita la desintegración de la misma. En la tabla 13 se presenta el detalle de la formulación B.

Tabla 13.

Formulación B de pajillas comestibles a base de cascarilla de cacao

Ingredientes	Cantidades (g)	Porcentaje (%)
Agua	120	43.47
Almidón	75	27.17
Cascarilla de cacao	50	18.11
Gelatina	16	5.79
Glicerina	15	5.43
Total	276	100.00

Fuente. Elaboración propia con base en resultados de experimentación.

En la figura 11, se observa el proceso de elaboración de pajillas comestibles con cascarilla de cacao utilizando la formulación B. Seguidamente, la figura 12 presenta los resultados de la apariencia de la pajilla en la formulación B.

Figura 11.

Diagrama de flujo de formulación B de pajillas comestibles a base de cascarilla de cacao

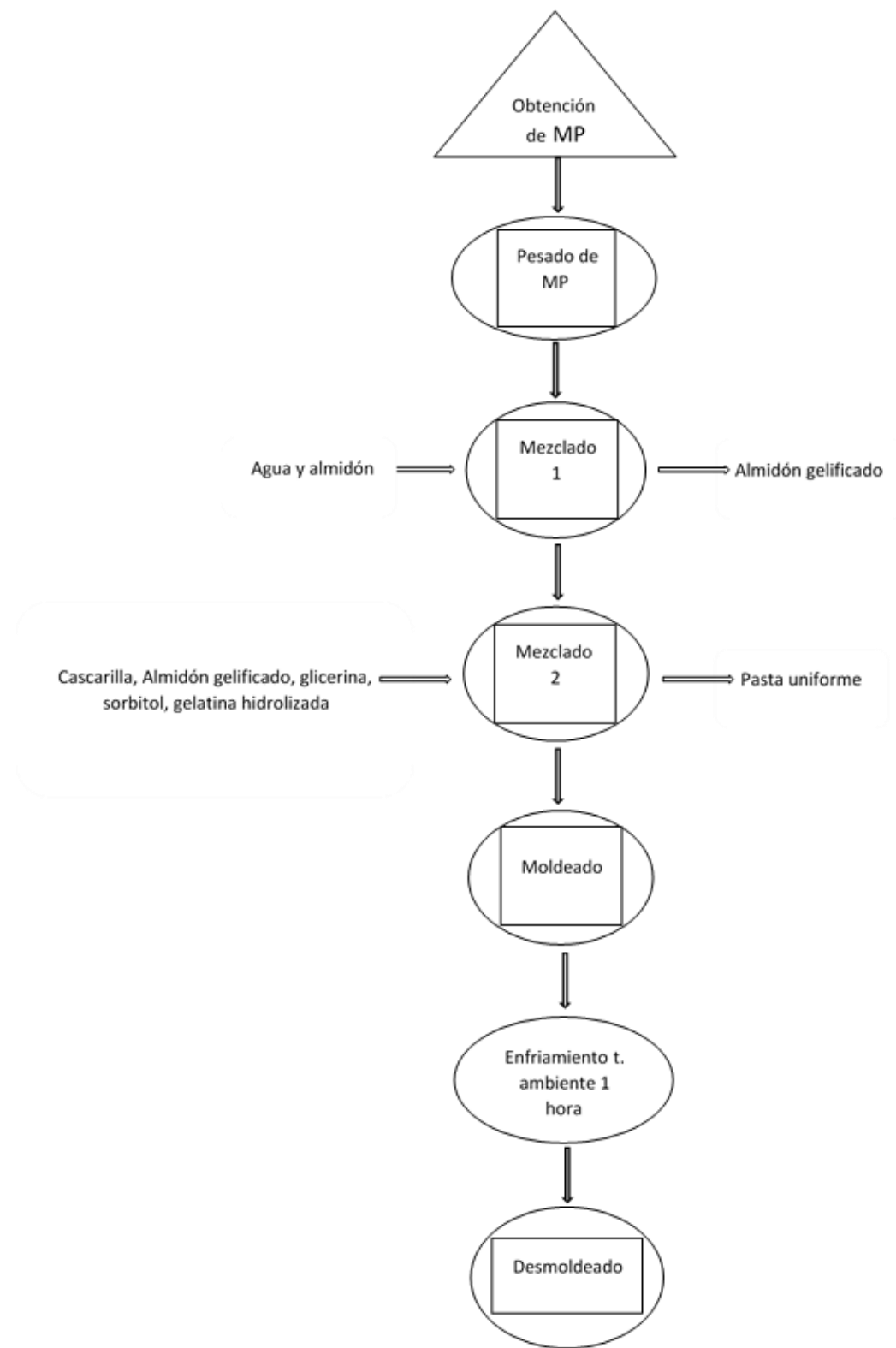
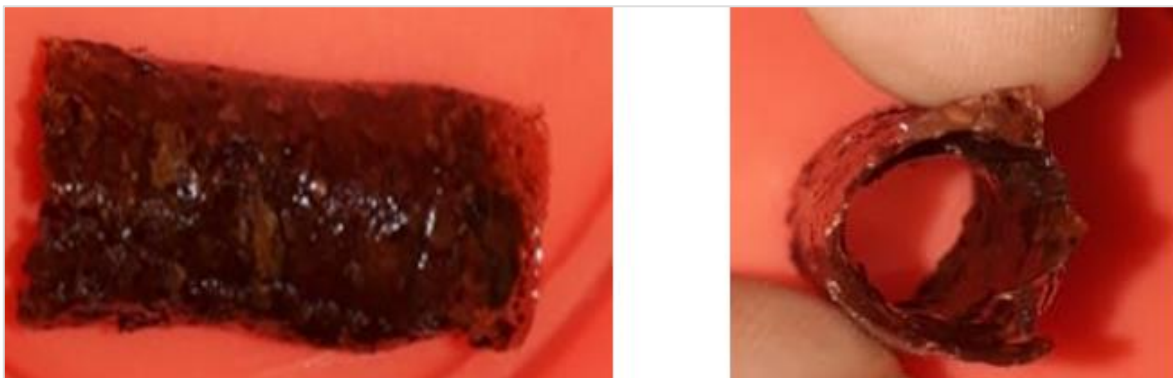


Figura 12.

Resultado de la pajilla para la formulación B



Fuente. Elaboración propia con base en resultados de experimentación.

Como se observa en la figura 12, el resultado de la apariencia de las pajillas de la formulación B fue una pasta más delgada que en la formulación anterior, siempre con una consistencia gomosa, pero más fácil de manipular. Formar la pajilla es más rápido, no obstante, en contacto con el agua comienza a desintegrarse fácilmente en un tiempo aproximado de 5 minutos. Aunque el porcentaje de agua de la formulación B se redujo a 43%, este porcentaje aun no entra en el rango recomendado por Juviaña et al. (2015). La cantidad de agua que se agregó fue necesaria para poder hidratar el almidón, la gelatina y la cascarilla; esta última presentaba una consistencia relativamente gruesa y seca, por lo que fue necesario la cantidad de agua para obtener una mezcla homogénea.

Los resultados de la formulación B en comparación con la A presentan un porcentaje menor en agua y un aumento en el porcentaje del agente espesante (almidón), gelificante (gelatina) y el humectante /plastificante (glicerina). En la tabla 14 se presenta el detalle de la formulación C.

Tabla 14.

Formulación C de pajillas comestibles a base de cascarilla de cacao

Ingredientes	Cantidades (g)	Porcentaje (%)
Azúcar en polvo	200	54,95
Cascarilla de cacao	100	27,47
Marshmallow	50	13,74
Gelatina	8	2,20
Glicerina	1	0,27
Agua	5	1,37
Total	364	100,00

Fuente. Elaboración propia con base en resultados de experimentación.

En la figura 13, se observa el proceso de elaboración de pajillas comestibles con cascarilla de cacao utilizando la formulación C. En la figura 14, se presenta el resultado de la apariencia de las pajillas de la formulación C.

Figura 13.

Diagrama de flujo de formulación C de pajillas comestibles a base de cascarilla de cacao

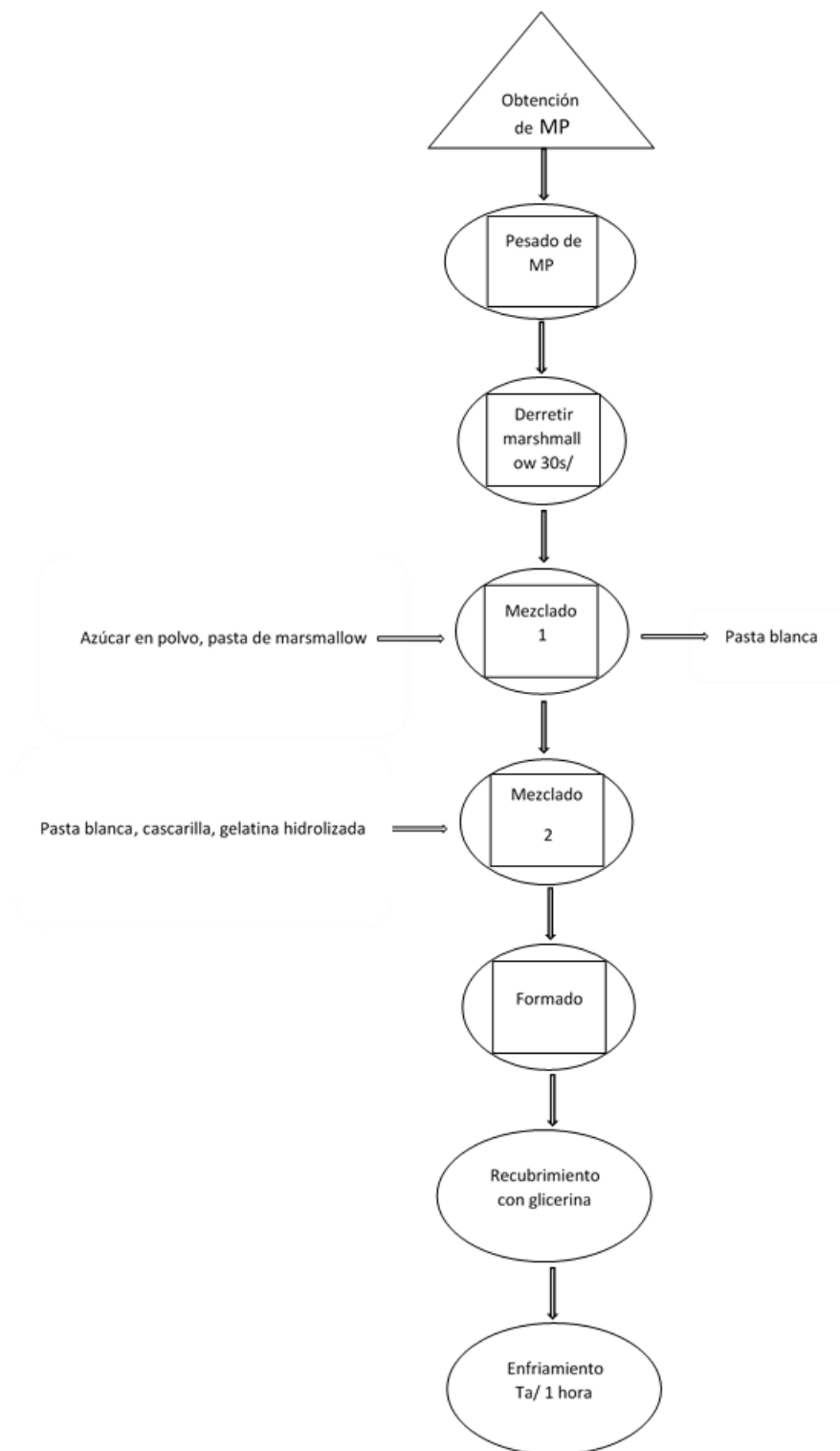


Figura 14.
Resultado de la pajilla de la formulación C



Fuente. Elaboración propia con base en resultados de experimentación.

En la figura 14, se observa que las pajillas de la formulación C muestran una apariencia y textura similar a la pasta tipo fondant utilizada en pastelería, pasta que, al secar su textura, es rígida, lo que se buscaba para las pajillas por su facilidad de manipular y formado. No obstante, el contenido de azúcar es de 54.95%, es decir, más de la mitad de la formulación está basada en azúcar. Esta pasta se logró al fundir malvaviscos y mezclar el fundido con los demás ingredientes, con ella se obtuvo una pasta de fácil manipulación y rígida, sin embargo, al estar en contacto con el agua, su textura se hace muy suave y se comienza a deteriorar de manera

casi inmediata, aproximadamente 2 minutos, dejando un sabor residual dulce en el líquido.

Como resultado de la formulación C, a esta en comparación con las dos formulaciones anteriores, se le agregó un agente edulcorante (azúcar en polvo), un agente estabilizante, en este caso, se utilizaron malvaviscos fundidos para, de esta forma, poder formar la pasta, ya que el agua añadida solo fue para hidratar la gelatina, además, por el contenido de carboximetilcelulosa (agente estabilizante), el agente humectante (glicerina) y el agente gelificante (gelatina).

El porcentaje del agente edulcorante de la formulación indicado por Juvina et al. (2015) es de un 75% a 90% y en esta formulación es de un 55%, siendo un porcentaje menor, lo cual pudo generar el deterioro tan rápido de la pajilla, ya que la función del azúcar en este tipo de producto es aportar estructura al secarse, formar el armazón de la pajilla, puesto que en estas concentraciones la actividad de agua es muy baja (Juvina et al., 2015). En la tabla 15, se presenta el detalle de la formulación D.

Tabla 15.

Formulación D de pajillas comestibles a base de cascarilla de cacao

Ingredientes	Cantidades (g)	Porcentaje (%)
Azúcar en polvo	200	38
Almidón de maíz	125	24
Gelatina	16	3
Agua	50	10
Carboximetilcelulosa	7,5	1
Cascarilla de cacao	125	24
Total	523,5	100

Fuente. Elaboración propia con base en resultados de experimentación.

En la figura 15, se observa el proceso de elaboración de pajillas comestibles con cascarilla de cacao utilizando formulación D. En la figura 16, se presenta el resultado de la apariencia de las pajillas de la formulación D.

Figura 15.

Diagrama de flujo de formulación D de pajillas comestibles a base de cascarilla de cacao

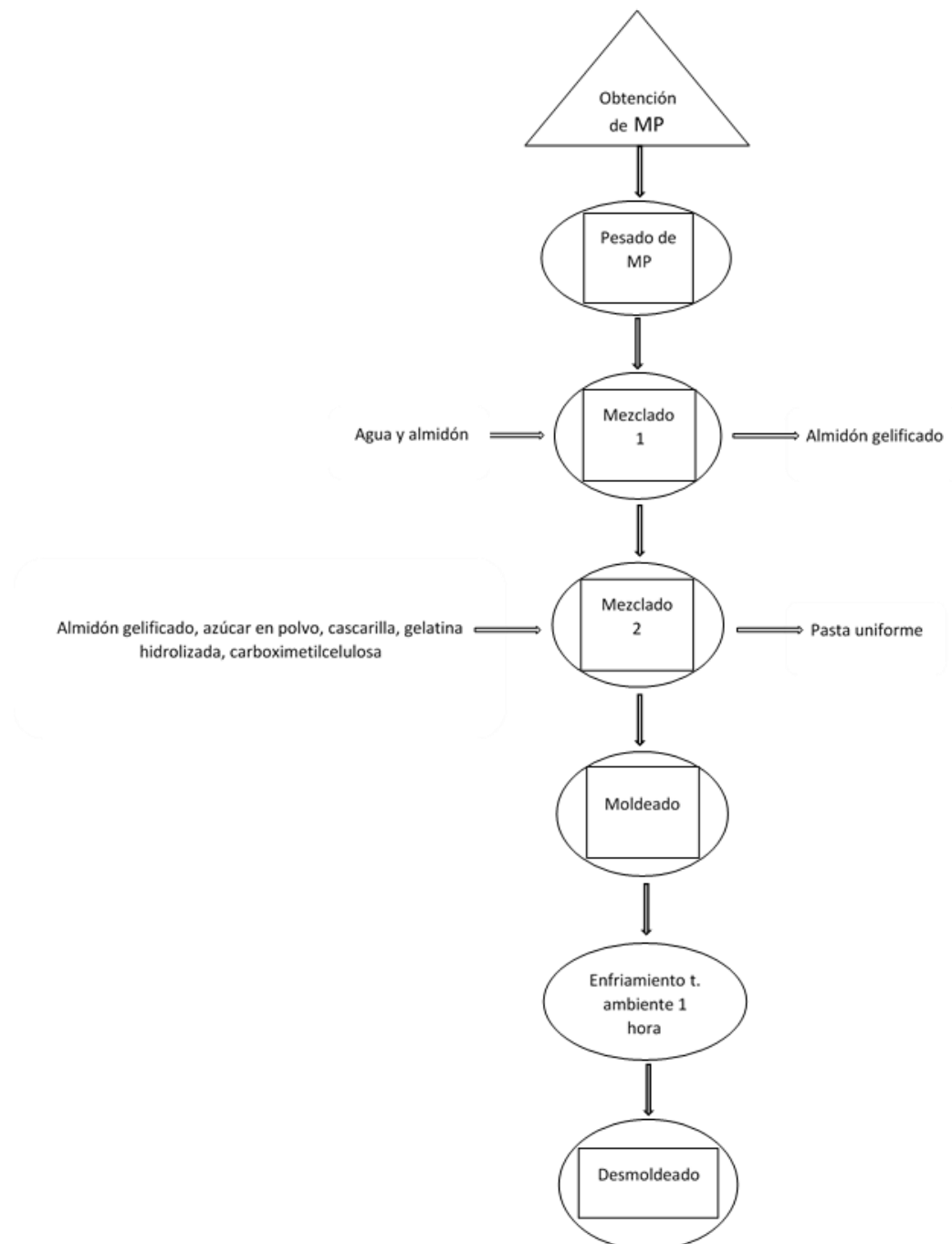


Figura 16.

Resultado de la pajilla de la formulación D



Fuente. Elaboración propia con base en resultados de experimentación.

En la figura 16, se observa que las pajillas de la formulación D muestran una pasta fácil de manipular a la hora de realizar el formado de la pajilla, pero, al igual que las formulaciones anteriores, en cuanto la pajilla entra en contacto con el agua, se comienza a deteriorar en un periodo de tiempo muy corto, aproximadamente 6 minutos. Esta formulación tiene un porcentaje de agente espesante mayor de 25% que el mencionado por Juvina et al. (2015), el cual es de un 0.5% a un 2%. Esto ayudó a que la pajilla se formara más fácil, sin embargo, al ser un porcentaje tan elevado, absorbe mayor cantidad de agua, ya que los espesantes son grandes aliados en la hidratación y al entrar en contacto con sustancias líquidas, el porcentaje de humedad aumenta y su textura se comienza a dañar (Hospital Universitario Príncipe de Asturias, 2018).

En la formulación D, se realizaron unos cambios respecto a la formulación anterior, algunos de estos son el porcentaje del agente edulcorante, el cual es menor.

Se agregó agente espesante (almidón) y carboximetilcelulosa, además, se aumentó el porcentaje de agua.

Otro de los problemas que presentó esta prueba fue que se colocaron unas muestras de las pajillas en un empaque de polipropileno para observar el tiempo de vida útil y a los 10 días se observó la presencia de moho. Esto ocurre debido al contenido de humedad en estas, no obstante, por más que se trató de utilizar la menor cantidad de agua en las formulaciones, esta fue necesaria para humectar los ingredientes y formado de la pasta.

De acuerdo con los resultados de las formulaciones anteriores (A, B, C, D), el principal problema del formado, textura, rigidez, durabilidad y funcionalidad de las pajillas comestibles es el contenido de agua. La razón por la que fue necesario recurrir a adicionar las cantidades anteriores es porque la cascarilla de cacao es un ingrediente seco que se hidrata con el agua y hace que sea necesaria una alta cantidad de esta para poder formar una pasta, por lo que los resultados con base en la experimentación hicieron que el uso de la cascarilla no sea viable para elaborar pajillas comestibles por su limitante textura y requerimiento de agentes humectantes, que no favorecen la funcionalidad de una pajilla comestible, sin embargo, la cascarilla de cacao sí puede ser utilizada en la elaboración de otros productos deferentes a una pajilla comestible, que permitan el aprovechamiento de sus características nutricionales.

4.3.2. Propuesta de barra comestible con cascarilla de cacao

A continuación, se presentan los resultados de la elaboración de una propuesta para la matriz alimentaria, donde se aproveche las características nutricionales de la cascarilla de cacao, por lo que se desarrolló una barra nutricional alta en proteína y fibra alimentaria. Esto porque son los valores nutricionales más destacables en la caracterización de la cascarilla de cacao.

En la tabla 16, se detalla la formulación de la barra comestible a base de cascarilla de cacao. Por su parte, en la figura 17, se observa el proceso de elaboración de barras comestibles a base de cascarilla de cacao

Tabla 16.

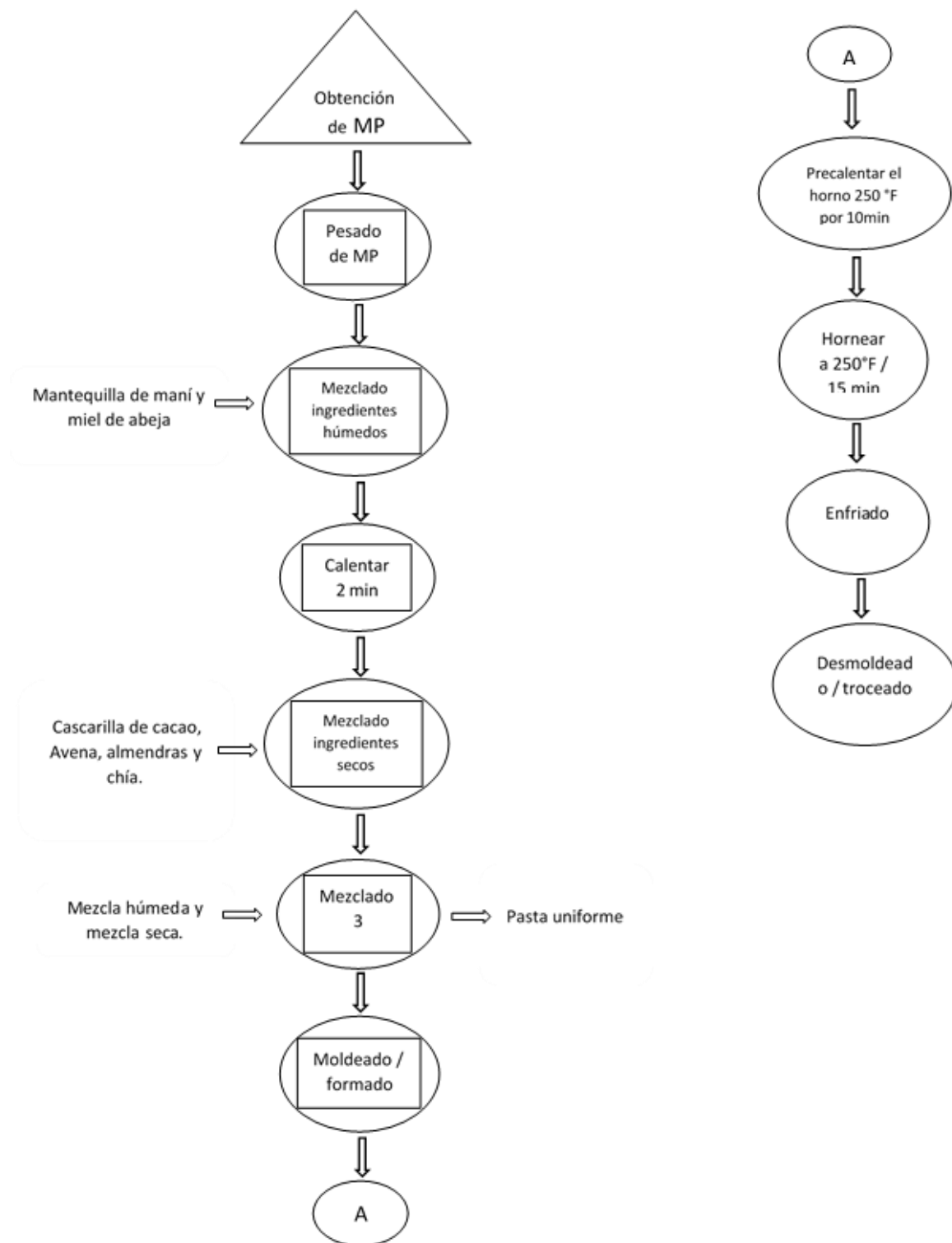
Formulación de barras comestibles a base de cascarilla de cacao

Ingredientes	Cantidad (g)	Porcentaje (%)
Miel de abeja	80	36
Mantequilla de maní	60	27
Avena	30	14
Cascarilla de cacao	30	14
Almendras	15	7
Chía	5	2
Total	220	100

Fuente. Elaboración propia con base en resultados de experimentación.

Figura 17.

Diagrama de flujo de barras comestibles a base de cascarilla de cacao



En la figura 18, se observa el resultado de la pasta y del producto final de la barra nutritiva con cascarilla de cacao.

Figura 18.

Resultados de pasta para la barra nutritiva con cascarilla de cacao



Fuente. Elaboración propia con base en resultados de experimentación.

Como se observa en la figura 18, se logra formar una pasta fácil de manipular para la elaboración de las barras, esta pasta es horneada y dejando como resultado un producto de apariencia brillante y una textura crujiente, la cual es muy similar a la textura de las barras que se encuentran actualmente en el mercado.

A la barra con cascarilla de cacao se le realizaron los análisis de fibra alimentaria y proteína, esto debido a que son las características nutricionales más destacadas y relevantes de la cascarilla de cacao y afines con el producto propuesto. En la tabla 17, se presentan los resultados obtenidos del contenido de fibra alimentaria y de proteína.

Tabla 17.

Resultado del contenido de fibra alimentaria y proteína en la barra comestible con cascarilla de cacao.

Característica	Resultado (%)
Fibra alimentaria	3
Proteína	26

Fuente. Elaboración propia con base en resultados de análisis de laboratorio.

Como se observa en la tabla 17, se obtuvo un 3% para fibra alimentaria y 26% para proteína, en comparación con los resultados de una barra nutricional mencionados por Jiménez (2018), los cuales son un 9.2% de proteína y un 4.1% de fibra alimentaria. El porcentaje de proteína es mucho mayor al mencionado en la cita anterior, esto puede ser por los ingredientes utilizados aparte de cascarilla que son fuente de proteína, por ejemplo, la manteca de maní. De acuerdo con el Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 67.01.60:10 (2012) etiquetado nutricional de productos alimenticios preenvasados para consumo humano para la población a partir de 3 años, este producto puede ser declarado fuente de fibra y alto en proteína, ya que el reglamento menciona que un producto con un que aporte un 3% de fibra se declara como fuente de fibra y un producto que aporte un 10% de proteína es declarado como fuente y si aporta el doble se declara alto en proteína.

En la tabla 18, se presentan los resultados de los análisis microbiológicos de la cascarilla de cacao fresca sin ningún tipo de tratamiento, comparado con los resultados de los análisis microbiológicos del producto final.

Tabla 18.

Resultado de los análisis microbiológicos en la cascarilla de cacao fresca versus barrita nutricional

Análisis	Cascarilla de cacao	Barrita nutricional
Recuento de mohos y levaduras	4,6 x10 ³ UFC/g	<1 x10 ¹ UFC/g
Recuento total aerobio mesófilo	3,8 x 10 ⁷ UFC/g	1,5 x10 ⁴ UFC/g

Fuente. Elaboración propia con base en resultados de análisis de laboratorio.

Se realizó una comparación entre la cascarilla como materia prima y la barrita comestible, para verificar que, durante la elaboración, se lograra bajar la carga microbiana, como se observa en la tabla 18, con el tratamiento térmico que se le aplicó en la elaboración de la barrita comestible, el cual es un horneado a una temperatura de 200°F, por un tiempo de 15 minutos, la carga microbiana baja significativamente, en especial en mohos y levaduras, puesto que, en la barrita no se detectó. De igual forma, en recuento total aerobio mesófilo, la carga bajó con respecto a la carga inicial, resultado aceptable, de acuerdo con la norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano (2003), esta indica que es aceptable con un resultado menor o igual a de 10⁴ y se rechaza cuando es un valor igual o superior a 10⁵ UFC/g, estos límites sirven como guía para el análisis de resultados, debido a que el Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 67.04.50:08, (2009) de criterios microbiológicos para la inocuidad de alimentos, no se exigen estos requisitos microbiológicos para tipo de producto, después de 10⁶ -10⁷ UFC/g, es cuando se producen cambios detectables en las características de calidad del alimento, a causa del crecimiento microbiano y la producción de enzimas. Además, estos microorganismos indicadores dependen de la calidad de la materia prima y del

proceso, no necesariamente una cantidad alta de recuento se asocia con patógenos, pero sí con el deterioro del producto (Brackett, 1993).

En la tabla 19, se presentan los resultados de los análisis para microorganismos patógenos, el cual fue en ausencia de *Salmonella spp* y ausencia de *E.coli*.

Tabla 19.

Análisis de microorganismos patógenos para la barra de cacao con la cascarilla de cacao

Análisis	Resultados
<i>E. coli</i>	<1 x10 ¹ UFC/g
<i>Salmonella spp</i>	Ausencia

Fuente. Elaboración propia con base en resultados de análisis de laboratorio.

Debido al recuento total aerobio mesófilo, se decide realizar análisis de patógenos en la barra de cacao, donde se analizó *E.coli* y *Salmonella spp*, como se observa en la tabla 19, el resultado de *Salmonella spp* es ausencia, resultado aceptable de acuerdo con los criterios microbiológicos para la inocuidad de alimentos, en el apartado de productos de cacao, chocolate y sus derivados, donde se indica que para *Salmonella* el límite máximo permitido es ausencia (Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 67.04.50:08, 2009).

Para el análisis de *E. coli*, el resultado es de <1x10¹ UFC/g, este resultado se compara con el parámetro indicado en el Reglamento Técnico Centroamericano de Microbiología en el apartado de cereales y derivados, el cual menciona que el límite máximo permitido es <10UFC/g, lo que indica que sí se cumple con el criterio microbiológico para *E.coli* (Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 67.04.50:08, 2009).

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con los datos obtenidos en los resultados, en el siguiente capítulo, se presentan las conclusiones logradas según los objetivos propuestos. También se hacen recomendaciones para futuras investigaciones relacionadas con el tema.

5.1. Conclusiones

Utilizando el método de extracción por calor es viable extraer la solución pectica de la cascara de cacao, la cual presenta características de un líquido viscoso de color café, sin olor, sin sabor y poder gelificante.

La mermelada elaborada con solución pectica, no presentan diferencias significativas con respecto a la mermelada con pectina comercial, en lo que comprende °Brix, pH, viscosidad, sabor y olor, se evidencian que la solución pectica obtenida, cumple su función como poder gelificante.

Mediante los análisis de laboratorio de las características bromatológicas y microbiológicas realizadas y su comparación con datos de estudios de referencia usados para esta investigación, se puede concluir que el residuo de la cascarilla de cacao analizada y obtenida de una industria procesadora del cacao, puede ser aprovechable como materia prima en la industria alimentaria.

De acuerdo con los resultados obtenidos se evidenció que la cascarilla de cacao presenta un alto contenido proteico, junto con otros constituyentes como fibra alimentaria, que la hacen de interés en la elaboración de productos para el mercado alimentario.

Como resultado de la elaboración de los productos a base de cascarilla de cacao se comprobó que esta no aporta sabor, sin embargo, su olor es característico al cacao, por lo que podría ser usada para aroma terapia o infusiones.

La elaboración de pajillas comestibles a base de cascarilla de cacao como materia prima no es viable, a causa de que no superan un tiempo aceptable de durabilidad en contacto con sustancias líquidas, que le permita cumplir su función.

La alternativa de uso de la cascarilla de cacao como ingrediente para la elaboración de una barrita comestible es factible por su contenido proteína y fibra alimentaria.

5.2. Recomendaciones

Para mejorar el rendimiento de extracción de la solución péctica, es necesario estandarizar y optimizar el proceso de filtrado, utilizando una técnica que facilite este proceso.

Caracterizar la solución péctica mediante análisis de su contenido de metoxilo y grado de esterificación, para conocer su grado de pureza y determinar si esta se puede considerar como pectina.

Controlar las condiciones de proceso para la obtención de cascarilla de cacao, que permita asegurar la calidad de esta y realizar diferentes tratamientos térmicos a la cascarilla, para evaluar mediante análisis el impacto microbiológico de estos.

Ampliar este estudio incluyendo muestras de cascarilla de cacao procesadas en la industria, con el fin de evaluar y comparar la efectividad de los procesos en la inocuidad del producto.

Realizar estudio del tipo de proteínas que contiene la cascarilla de cacao ya que la literatura existente no indica.

Realizar estudios sensoriales de la barrita comestible elaborada a base de cascarilla de cacao y, de esta forma, evaluar la aceptabilidad del producto por los consumidores.

Para futuras investigaciones relacionadas con el aprovechamiento de la cáscara y cascarilla de cacao, se sugiere no enfocarse en una matriz alimentaria, si no es seguro que esta cumpla con el objetivo propuesto, limitando el uso de las características que estas aportan tanto nutricional o funcional.

REFERENCIAS

- Administración de Alimentos y Medicamentos. (2022). *Bacteriological Analytical Manual (BAM)*. <https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bacteriological-analytical-manual-bam>
- Alternativa3. (15 de abril de 2020). *¿Como se transforma el cacao en chocolate?* Recuperado el 20 de abril de 2022 de <https://alternativa3.com/transforma-cacao-chocolate/>
- Álvarez, K y Quilumba, F. (2018). *Aprovechamiento de la cascarilla de cacao (Theobroma cacao L.) para la elaboración de polvo y sus usos culinarios* [Tesis de Licenciatura, Universidad de Guayaquil, Ecuador]. Repositorio institucional. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/35658>
- Andino, F., y Castillo, Y. (2010). *Curso Microbiología de los alimentos*. Universidad nacional de Ingeniería.
- Barazarte, H., Sangronis, E., y Emaldi, U. (2008). Universidad Simón Bolívar. Obtenido de La cáscara de cacao (*Theobroma cacao L.*): una posible fuente comercial de pectinas. *Archivos Latinoamericanos de nutrición*, 58(1), 64. <https://pdfs.semanticscholar.org/09bc/d5c71e4ce841b88dd04dfbfb3e75c08fd8d.pdf>
- Batista, L. (2009). *El Cultivo de Cacao*. CEDAF <http://www.cedaf.org.do/publicaciones/guias/download/cacao.pdf>

- Bernal, R. N., Milena, M. C., Rodríguez, G. L., y Peralta, R. Y. (2014). Aprovechamiento de la cáscara de cacao y su contenido de pectina en la preparación de mermeladas de tipo comercial. *Revista Integra: Investigación Aplicada, Desarrollo Tecnológico e Innovación*, 1, 35-52.
<http://revistas.sena.edu.co/index.php/int/article/view/436>
- Brackett, R. E. (1993). Calidad microbiana. En Robert L. Shewfelt and Stanley E. Prussia (Eds.), *Manejo poscosecha* (pp. 125-148).
<https://doi.org/10.1016/B978-0-08-092576-9.50012-4>
- Chasquibol, S. y Morales, J. (2010). Contribución al estudio del proceso de gelación de la pectina del níspero de la sierra. *Ingeniería Industrial*, 28, 157-176.
<https://www.redalyc.org/pdf/3374/337428494010.pdf>
- Chasquibol, S., Arroyo, B. E., y Morales, G. J. (2008). Extracción y caracterización de pectinas obtenidas a partir de frutos de la biodiversidad peruana. *Ingeniería Industrial*, (026), 175-199.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=337428492010>
- Cubas, L., Chávez, R., Díaz, V., Rodríguez, A., y Zapata, I. (2018). *Diseño de proceso productivo de una infusión a base de cascarilla de cacao de la cooperativa agraria Norandino* [Tesis de grado, Universidad de Piura, Perú]
https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3617/PYT_Informe_Final_Proyecto_Infusion_de_cascarilla_de_cacao.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- De La Cruz, M. J., Vargas, O. M., y Del Ángel, C. O. (s.f.). *CACAO: Operaciones Poscosecha*. Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura (FAO). <http://www.fao.org/3/a-au995s.pdf>

- Dostert, N., y Roque, J. (2011). *Hoja botánica: Cacao*. Botconsult http://www.botconsult.com/downloads/Hoja_Botanica_Cacao_2012.pdf
- García, M. C., y Penagos, G. C. (2011). *El entorno comercial de la pectina en la industria alimentaria antioqueña* [Trabajo de grado, Escuela de ingeniería de Antioquia, Colombia]. Repositorio institucional. https://repository.eia.edu.co/bitstream/11190/1107/7/GarciaCamila_2011_EntornoComercialPectina.pdf
- González, J., Pereira, N., Soto, Z., Hernández, E., y Villarreal, J. (2014). Aislamiento microbiológico de *Salmonella* spp. y herramientas moleculares para su detección. *Revista Salud Uninorte*, 30(1), 73-94. <http://www.scielo.org.co/pdf/sun/v30n1/v30n1a09.pdf>
- Gutiérrez, A., y López, J. (2018). *Aprovechamiento gastronómico de la cáscara del cacao* [Tesis de grado, Universitaria Agustiniiana, Colombia]. Repositorio institucional. <https://repositorio.uniagustiniana.edu.co/bitstream/handle/123456789/527/GutierrezGarcia-Andrea-2018.pdf?sequence=10&isAllowed=y>
- Guth, F. (26 de abril de 2018). *Empresario importa innovadoras pajillas 100% biodegradables comestibles*. Exphore. Recuperado el 20 de abril de 2022 de <https://www.exphore.com/noticias-exphore/2018/4/26/empresario-importa-innovadoras-pajillas-100-biodegradables-comestibles>
- Hospital Universitario Príncipe de Asturias. (2018). *Disfagia orofaríngea: soluciones multidisciplinarias*. Grupo Aula Médica. https://aadisfagia.com/wp-content/uploads/2020/12/DISFAGIA_INTERACTIVO.pdf

- Jiménez, H. (2018). *Desarrollo de una barra de cereal tipo energética mediante el uso de cascarilla de cacao (Theobroma cacao)* [Tesis de grado, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Ecuador]. Repositorio institucional. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/10189>
- Juviña, E., Zorzano, C., Sánchez, V., y Baraffe, M. (2015). *Barcelona Patente nº 2 545 830*. <https://patentimages.storage.googleapis.com/bb/3c/9e/a65110b0fdea06/ES2545830B1.pdf>
- La voz del despertar. (13 de mayo de 2019). *Pajillas comestibles: la nueva y maravillosa creación de una empresa Sur Coreana que le dice adiós al plástico*. Recuperado el 20 de abril de 2022 de <https://www.lavozdeldespertar.com/?p=6032>
- Loyo, N. S. (2015). *Exportación de cáscaras, películas y demás residuos de cacao hacia Perú, año 2015* [Tesis de grado, Universidad de las Américas, Quito]. Repositorio institucional. <http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/3892/1/UDLA-EC-TTEI-2015-11%28S%29.pdf>
- Masson, L. (1997). Métodos analíticos para la determinación de humedad, alcohol, energía, materia grasa y colesterol en alimentos. En C. Morón, I. Zacarías, y S. De Pablo (Eds.), *Producción y manejo de datos de composición química de alimentos en nutrición*. FAO. <https://www.fao.org/3/ah833s/Ah833s16.htm>

- Mazariegos, P. Y. (2009). *El cultivo del cacao (Theobroma Cacao. L.) en el Sureste de México* [Tesis de grado, Universidad Autónoma Agraria, México]. Repositorio institucional. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/4620/T17597%20MAZARIEGOS%20PEREZ,%20YOANA%20ANABEL%20%20MONOG..pdf?sequence=1>
- Melo, V., y Cuamatzi, O. (2006). *Bioquímica de los procesos metabólicos*. Reverenté S.A.
- Ministerio de agricultura y ganadería de Costa Rica. (2018). *Plan Nacional de Cacao 2018-2028*. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/E14-11072.pdf>
- Ministerio de agricultura y ganadería de Costa Rica. (s.f.). *Cacao*. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-0658cacao.pdf>
- Ministerio de Salud de Costa Rica, Ministerio del Ambiente y Energía, y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2017). *Estrategia nacional para sustituir el consumo de plásticos de un solo uso por alternativas renovables y compostables*. Ministerio de Hacienda de Costa Rica. https://www.hacienda.go.cr/docs/5a0e066d79dae_Estrategia-nacional-sustitucion-plasticos-un-solo_uso-.pdf
- Miranda, D. S., Porras, R. L., y Schmidt, D. A. (2020). Evaluación de residuos agroindustriales producidos en Costa Rica para la formulación de un medio de cultivo de bajo costo utilizando *Bacillus subtilis* 168. *Revista del TEC Tecnologías en Marcha*, 33(4), 16-17. https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/4807/5139

- Miranda, L. J., Pico, C., y Rubio, M. A. (2015). *Consejos sobre las grasas y aceites*. FESNAD. https://www.fesnad.org/resources/files/Publicaciones/Consenso_sobre_las_grasas_y_aceites_2015.pdf
- Morales, B. J. (2017). *Propuesta de diseño de proceso industrial para la elaboración de té de cascarilla de cacao en la provincia de Santa Elena* [Tesis de grado, Universidad Estatal Península de Santa Elena, Ecuador] <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/3981/1/UPSE-TII-2017-069.pdf>
- Muñoz, L. A. (2016). *Caracterización de pectinas industriales de cítricos y su aplicación como encubrimientos de fresas* [Tesis de grado, Universidad Autónoma de Madrid, España]. Repositorio institucional. <https://digital.csic.es/bitstream/10261/176559/1/LabradorTFMpectinasfresas.pdf>
- Nizama, Y. K. (2015). Obtención y caracterización de pectina a partir de cáscara de cacao (*Theobroma cacao* L.) [Tesis de grado, Universidad Nacional de Piura, Perú]. Repositorio institucional. <http://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/675/IND-NIZ-YAM-15.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (s.f.). *Prevención de la E.coli en los alimentos*. <https://www.fao.org/3/at662s/at662s.pdf>

- Orozco, J. N. (2021). *Aprovechamiento y transformación de la cáscara de cacao* [Tesis de grado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Colombia]. Repositorio institucional. <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/40165/jnorozcoc.pdf?sequence=3>
- Pascual, T. (2010). *Vive Sano*. Instituto Tomás Pascual Sanz. http://www.institutotomaspascualsanz.com/descargas/publicaciones/vivesano/vivesano_13mayo10.pdf?pdf=vivesano-130510
- Ramírez, N., Mantilla, C., Rodríguez, L. y Peralta, Y. (2014). Aprovechamiento de la cáscara de cacao y su contenido de pectina en la preparación de mermeladas de tipo comercial. *Revista Integra: Investigación Aplicada, Desarrollo Tecnológico E Innovación*, 1(1), 35–52. <https://doi.org/10.23850/24628034.436>
- Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 67.04.50:08. (2009). *Alimentos. Criterios microbiológicos para la inocuidad de alimentos*. COMEX. https://www.comex.go.cr/media/3480/279_anex-243-rtca-67-04-50-08-microbio-may-09.pdf
- RENALOA. (2014). *Análisis microbiológico de alimentos*. ANMAT. http://www.anmat.gov.ar/renaloa/docs/analisis_microbiologico_de_los_alimentos_vol_iii.pdf
- Rojas, K., Hernández, C., y Mencía, A. (2020). Transformaciones bioquímicas del cacao (*Theobroma cacao* L.) durante un proceso de fermentación controlada. *Agronomía Costarricense* 45(1), 53-65. http://www.mag.go.cr/rev_agr/v45n01_053.pdf

- Sangronis, E., Soto, M. J., Velero, Y., y Busecma, I. (2014). Cascarilla de cacao venezolano como materia prima de infusiones. *Archivos Latinoamericanos de nutrición*, 64(2), 123. <https://www.alanrevista.org/ediciones/2014/2/art-7/>
- Soto, P. M. (2012). *Desarrollo del proceso de producción de cascarilla de semilla de cacao en polvo destinada al consumo humano* [Tesis de grado, Universidad Simón Bolívar, Venezuela]. Info Cafés. <http://infocafes.com/portal/wp-content/uploads/2017/07/000155680.pdf>
- Suárez, M., y Marín, R. (2019). Rendimiento de la pectina de cáscara de cacao (*Theobroma cacao* L.) Como estabilizante en mermelada de naranja. *Revista Cien. Tecn. Agrollanía*, 18, 29-34. <http://www.postgradovipi.50webs.com/archivos/agrollania/VOL18/ARTICULO4.pdf>
- Tapia, Y. C. (2015). *Aprovechamiento de residuos agroindustriales, cascarilla de cacao (Theobroma cacao L.) Variedad arriba y CCN51 para la elaboración de una infusión* [Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador]. Repositorio institucional. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/11981/1/AL%20574.pdf>
- Teneda, L., Ah-Hen, K., y Lemus, R. (2017). Caracterización de una infusión de cascarilla de cacao (*Theobroma cacao* L., var. Arriba) con hierbas aromáticas. *Agro sur*, 45(3), 47-55 <http://dx.doi.org/10.4206/agrosur.2017.v45n3-07>
- Valbuena, D., y Serrano, C. (2018). *Aprovechamiento de la cascarilla de cacao para la generación* [Tesis de grado, Universidad de La Salle, Bogotá]. Repositorio institucional. https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1097&context=ing_industrial

- Valdés, B. (2017). *Aplicación de diferentes técnicas analíticas para evaluar la contaminación fúngica de alimentos y superficies* [Universidad Autónoma de Barcelona, España]. Repositorio institucional. <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/5690/bevd1de1.pdf;jsessionid=8D02B3E08723CD6F5068CE796CBEFBCC?sequence=1>
- Vega, F. A. (2004). *La transformación industrial de la producción agropecuaria*. Solana e hijos.
- Villanueva, F. R. (2019). Fibra dietaria: una alternativa para la alimentación. *Ingeniería Industrial*, (037), 229-242. <https://doi.org/10.26439/ing.ind2019.n037.4550>
- Vivanco, E., Matute, L., y Campo, M. (2017). Caracterización fisicoquímica de la cascarilla de *Theobroma cacao* L, variedades Nacional y CCN-51. En *Conference Proceedings UTMACH*, 2(1), 213-222. <https://investigacion.utmachala.edu.ec/proceedings/index.php/utmach/article/view/309>
- Wacher, M. d. (2011). Los microorganismos y el cacao. *Revista digital Universitaria UNAM*, 12(4), 4-9. <http://www.revista.unam.mx/vol.12/num4/art42/#up>
- Wong, E. (2008). Metodología para realizar estudios de evidencia microbiológica en plantas. *Agronomía Mesoamericana*, 19(1), 131-137. <https://www.redalyc.org/pdf/437/43711424015.pdf>

APÉNDICES

Figura 1.6. Registro de cálculo de porcentaje de proteína prueba A y B en cascarilla de cacao

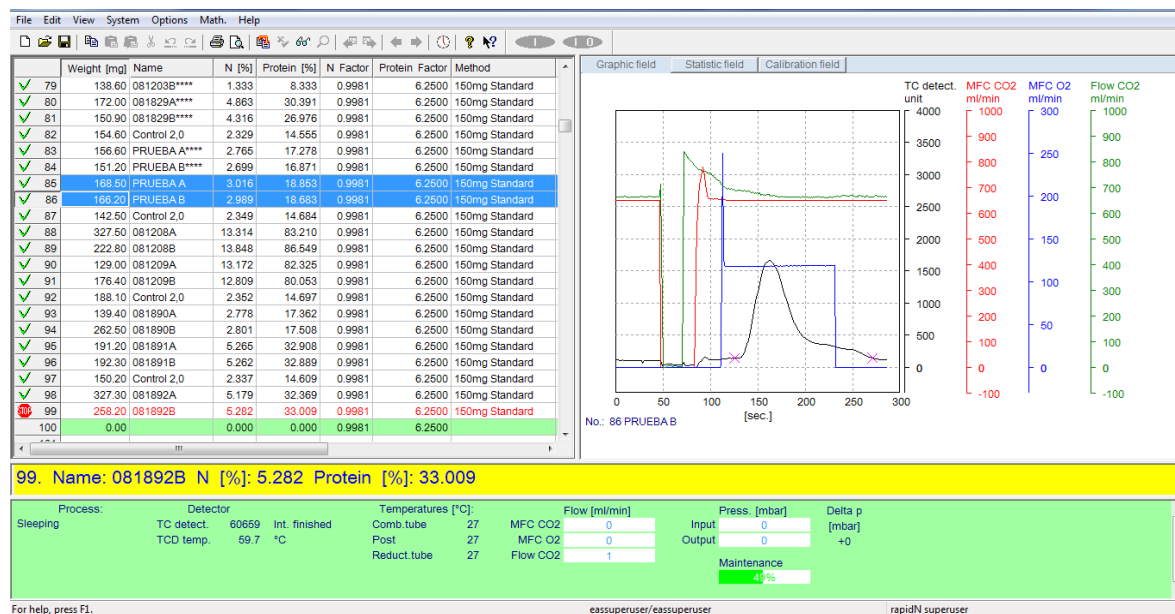


Figura 1.7. Registro de cálculo de porcentaje de vitamina C prueba A, B C en cascarilla de cacao

271	10-05-21	Prueba	scarilla de cac	Vitamina C	#1DIV/0!	2759.4	3.2129	2.40	27.07
277	05-08-21		casarilla de cac	Vitamina C	Prueba I	2759.4	3.2129	3.10	34.97
278	05-08-21		casarilla de cac	Vitamina C	Prueba II	2759.4	3.8920	2.90	27.00

Apéndice 2. Registro de resultado del análisis de plaguicidas en cáscara de cacao

Pesticidas Acidos	Pesticidas Especiales	Carbamatos
2,4,5-T 1	Glifosato 1	3-Hydroxicarbofuran
2,4,5-T 2	Glifosato 2	3-Hydroxicarbofuran 2
2,4,5-TP 1	Chlorpirifos 1	Alanycarb 1
2,4,5-TP 2	Chlorpirifos 2	Alanycarb 2
2,4-D 1	Cipermetrina	Aldicarb 1
2,4-D 2	Diclorvos 1	Aldicarb 2
2,4-DB 1	Diclorvos 2	Aldicarb-sulfone 1
2,4-DB 2	Diquat 1	Aldicarb-sulfone 2
2,4-DP 1	Diquat 2	Aldicarb-sulfoxide 1
2,4-DP 2	Diuron 1	Aldicarb-sulfoxide 2
Bentazon 1	Diuron 2	Aminocarb 1
Bentazon 2	Imazalil 1	Aminocarb 2
Bromoxynil 1	Imazalil 2	Bendiocarb 1
Bromoxynil 2	Metil Tiofanato 1	Bendiocarb 2
Clopyralid 1	Metil Tiofanato 2	Benfuracarb 1
Clopyralid 2	Mepiquat 1	Benfuracarb 2
Dicamba 1	Mepiquat 2	Benomyl 1
Dicamba 2	Paraquat 1	Benomyl 2
Dinoterb 1	Paraquat 2	Bifentrina
Dinoterb 2	Procloraz 1	Bioallethrin
Fosetyl Al-1	Procloraz 2	Bioresmethrin
Fosetyl Al-2	Terbufos 1	Butocarboxim 1
Fluoroxypyr 1	Terbufos 2	Butocarboxim 2
Fluoroxypyr 2	Tiabendazol 1	Butocarboxim-sulfoxide 1
Imazapyr 1	Tiabendazol 2	Butocarboxim-sulfoxide 2
Imazapyr 2	Carbendazim 1	Butoxycarboxin 1
Ioxynil 1	Carbendazim 2	Butoxycarboxin 2
Ioxynil 2	Piperonyl-butoxide 1	Carbaryl 1
IS Dinoseb	Piperonyl-butoxide 2	Carbaryl 2
IS Dinoseb	Piperonyl-butoxide 3	Carbofuran 1
MCPA 1	Picloram 1	Carbofuran 2
MCPA 2	Picloram 2	Carbosulfan 1
MCPB 1	Picloram 3	Carbosulfan 2
MCPB 2	Glufosinate 1	Chloroprotham 1
MCPP 1	Glufosinate 2	Chloroprotham 2
MCPP 2	Glufosinate 3	Chlortoluron 1
Pentaclorofenol 1	Oxiflourfen	Chlortoluron 2
Pentaclorofenol 2	Oxadixyl-1	Cyfluthrin
Picloram-1	Oxadixyl-2	Cypermethrin
Picloram-2	Clormequat-1	Cyphenothrin
Triclopyr 1	Clormequat-2	Cyproconazole
Triclopyr 2	Diazinon-1	Deltamethrin
Acido Giberelico 1	Diazinon-2	Diffubenzuron 1
Acido Giberelico 2	Diazinon-3	Diffubenzuron 2
Acido Giberelico 3	Thiamethoxam 1	Dimepiperate 1
Dalapon-1	Thiamethoxam 2	Dimepiperate 2
Dalapon-2		Dioxacarb 1
Dinoseb-1		Dioxacarb 2
Dinoseb-2		Diuron 1
Fludioxonil-1		Diuron 2
Fludioxonil-2		EPTC 1
Glifosato-1		EPTC 2
Glifosato-2		Esprocarb 1
Chlorfluazuron		Esprocarb 2
Fluazinam		Ethifencarb 1
Bromacil-1		Ethifencarb 2
Bromacil-2		Ethifencarb-sulfone 1
		Ethifencarb-sulfone 2

Apéndice 3. Registro de resultado del análisis de plaguicidas en cáscara de cacao

H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
				Version Modificada al 20/07/09					
1				Componente 1	Acreditado	Area Patron	Cn Patron	Area1	ppm de otro
2	Tipo de matriz	Dilución (L)	Massa de la muestra (kg)						
15901	carne	0.01	0.0107834	Barrido de plaguicidas		1.46E+06	0.233	nd	LMPO
15902	carne	0.01	0.0107834	Barrido de plaguicidas		4.55E+07	0.27	nd	LMPO
15903	carne	0.01	0.0103811	Barrido de plaguicidas		1.46E+06	0.233	nd	LMPO
15904	carne	0.01	0.0103811	Barrido de plaguicidas		4.55E+07	0.27	nd	LMPO
15905	salsa de soya	0.01	0.0108488	Barrido de plaguicidas		1.46E+06	0.233	nd	LMPO
15906	salsa de soya	0.01	0.0108488	Barrido de plaguicidas		4.55E+07	0.27	nd	LMPO
15907	Hoja de plátano	0.02	0.0053903	Barrido de plaguicidas		1.46E+06	0.233	nd	LMPO
15908	Hoja de plátano	0.02	0.0053903	Barrido de plaguicidas		4.55E+07	0.27	nd	LMPO
15909	cacao	0.01	0.010537	Barrido de plaguicidas		1.46E+06	0.233	nd	LMPO
15910	cacao	0.01	0.010537	Barrido de plaguicidas		4.55E+07	0.27	nd	LMPO
15911	Camaron	0.01	0.0104368	Organoclorados		4.55E+07	0.27	nd	LMPO
15912		0.01	0.0105401	Barrido de plaguicidas		1.46E+06	0.233	nd	LMPO
15913		0.01	0.0105401	Barrido de plaguicidas		4.55E+07	0.27	nd	LMPO
15914	Jenjibre	0.01	0.0100312	Barrido de plaguicidas		1.46E+06	0.233	nd	LMPO
15915	Jenjibre	0.01	0.0100312	Barrido de plaguicidas		4.55E+07	0.27	nd	LMPO
15916	Hoja de jenjibre	0.02	0.0102975	Barrido de plaguicidas		1.46E+06	0.233	nd	LMPO
15917	Hoja de jenjibre	0.02	0.0102975	Barrido de plaguicidas		4.55E+07	0.27	nd	LMPO
15918	Hoja de jenjibre	0.02	0.0105478	Barrido de plaguicidas		1.46E+06	0.233	nd	LMPO
15919	Hoja de jenjibre	0.02	0.0105478	Barrido de plaguicidas		4.55E+07	0.27	nd	LMPO
15920	Hoja de jenjibre	0.02	0.0105323	Barrido de plaguicidas		1.46E+06	0.233	nd	LMPO
15921	Hoja de jenjibre	0.02	0.0105323	Barrido de plaguicidas		4.55E+07	0.27	nd	LMPO
15922	AL-20/195649 Adición de STD Control GC-LC	0.01	0.010537	Carbendazina	Recuperación: 108.09 %	1.89E+06	0.233	2.04E+06	0.239026043
15923	AL-20/195649 Adición de STD Control GC-LC	0.01	0.0104368	PYRIMETHANIL	Recuperación: 97.26 %	1.73E+06	0.27	1687182.4	0.231988824
15924	Agua Residual	1	1	Plaguicidas		1.46E+06	0.233	nd	LMPO
15925	Agua Residual	0.01	1.0087	Plaguicidas		4.55E+07	0.27	nd	LMPO
15926	Piña	0.01	0.0103549	Barrido de plaguicidas		1.46E+06	0.233	nd	LMPO
15927	Piña	0.01	0.0103549	Barrido de plaguicidas		4.55E+07	0.27	nd	LMPO

Apéndice 4. Registro de resultado del análisis de micotoxinas en cascarilla de cacao

Determinación HPLC varias								Version Modificada al 11/02/12					
Ter	Fecha de Ingreso	Analista	Fecha de conclusión	Cliente	Código de muestra	Tipo de matriz	Dilución (L)	Massa de la muestra (kg)	Componente 1	Acreditado	Area Patron	Cn Patron	Area1
3	23-mar-22	DMA	24-mar-22	Corporacion Piasa	AL-22/039/03	Musculo	0.01	0.00502	Organoclorados		2.90E+06	0.03	ND
4	23-mar-22	DMA	24-mar-22	Matadero el valle	AL-22/043/02	Musculo	0.01	0.0083029	Organoclorados		2.90E+06	0.03	ND
5	23-mar-22	DMA	24-mar-22	Disagro	AL-22/046/13	Camaron	0.01	0.0104702	Antibioticos		2.90E+06	0.03	ND
6	23-mar-22	DMA	24-mar-22	Disagro	AL-22/046/14	Camaron	0.01	0.0109620	Antibioticos		2.90E+06	0.03	ND
7	23-mar-22	DMA	24-mar-22	Disagro	AL-22/046/15	Camaron	0.01	0.0100915	Antibioticos		2.90E+06	0.03	ND
8	23-mar-22	DMA	24-mar-22	Disagro	AL-22/046/16	Camaron	0.01	0.0102180	Antibioticos		2.90E+06	0.03	ND
9	23-mar-22	DMA	24-mar-22	Disagro	AL-22/046/17	Camaron	0.01	0.0101097	Antibioticos		2.90E+06	0.03	ND
0	23-mar-22	DMA	24-mar-22	Disagro	AL-22/046/18	Camaron	0.01	0.0104417	Antibioticos		2.90E+06	0.03	ND
1	23-mar-22	DMA	24-mar-22	Disagro	AL-22/046/20	Camaron	0.01	0.0107998	Antibioticos		2.90E+06	0.03	ND
2	23-mar-22	DMA	24-mar-22	Disagro	AL-22/046/37	Camaron	0.01	0.0105717	Antibioticos		2.90E+06	0.03	ND
3	23-mar-22	DMA	24-mar-22	Prismar	AL-22/053/98	Pescado	0.01	0.0105120	Antibioticos		2.90E+06	0.03	ND
4	23-mar-22	DMA	24-mar-22	Prismar	AL-22/053/97	Pescado	0.01	0.0101473	Antibioticos		2.90E+06	0.03	ND
5	12-abr-22	DMA	12-abr-22	Prusta	AL-22/061/92	Cascarilla de cacao	0.02	0.0053972	Micotoxinas		2.90E+06	0.03	ND

Apéndice 5. Resultados de análisis microbiológicos prueba 1 para cascarilla de cacao



INFORME DE ENSAYO

Nº de Referencia:	AL-21/169264	Tipo Muestra:	CASCARA DE CACAO
Descripción[*]:	Cascarilla de cacao Lote 01-A	Fecha Fin:	02/10/2021

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert	CMA	PNT	Lim Cuantif/ Detec (#)
Parámetros Microbiológicos						
Recuento de Hongos y Levaduras	5,0 x 10 ³	UFC/g	-		BAM Cap 18	1,0 x 10 ¹ UFC/g
Recuento Total Aerobio Mesófilo	6,0 x 10 ³	UFC/g	-		BAM Cap 3	1,0 x 10 ¹ UFC/g

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres de los parámetros acreditados están calculadas y a disposición del cliente. AGQ no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, asociada a la toma de muestras y a otros datos descriptivos, marcados con (*). A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. La Incertidumbre aplicada al resultado no aplica para valores menores al Límite de Cuantificación (LC). La Incert Exp (U) ha sido reportada con un Factor de Cobertura k= 2, para un nivel de confianza aprox del 95%.

Apéndice 6. Resultados de análisis microbiológicos prueba 2 para cascarilla de cacao



INFORME DE ENSAYO

Nº de Referencia:	AL-21/192108	Tipo Muestra:	CASCARA DE CACAO
Descripción[*]:	Cascarilla de cacao	Fecha Fin:	01/11/2021

RESULTADOS ANALÍTICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert	CMA	PNT	Lim Cuantif/ Detec (#)
Parámetros Microbiológicos						
Recuento de Hongos y Levaduras	4,6 x 10 ³	UFC/g	-		BAM Cap 18	1,0 x 10 ⁴ UFC/g
Recuento Total Aerobio Mesófilo	3,8 x 10 ³	UFC/g	-		BAM Cap 3	1,0 x 10 ⁴ UFC/g

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres de los parámetros acreditados están calculadas y a disposición del cliente. AGQ no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, asociada a la toma de muestras y a otros datos descriptivos, marcados con [*]. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. La Incertidumbre aplicada al resultado no aplica para valores menores al Límite de Cuantificación (LC). La Incert Exp (U) ha sido reportada con un Factor de Cobertura k= 2, para un nivel de confianza aprox del 95%.

Apéndice 7. Resultados de análisis microbiológicos para barra de nutricional



INFORME DE ENSAYO

Nº de Referencia: AL-21/192110	Registrada en: AGQ Lambda	Cliente (*): Yoselyn Vargas Barrantes
Análisis: CR02-00003681-2	Centro Análisis: AGQ Lambda	Domicilio: Guadalupe, San José
Tipo Muestra: CACAO	Fecha Recepción: 26/10/2021	Contrato: QMT-LA210900271
Fecha Inicio: 27/10/2021	Fecha Fin: 03/11/2021	Cliente 3º(*):----
Descripción(*): Barrita de cascarilla de cacao		

Fecha/Hora: 26/10/2021	Muestreado por: Cliente (*)
Muestreo:	Lote (*): 02-A

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert	CMA	PNT	Lim Cuantif/ Detec (#)
Parámetros Microbiológicos						
Recuento de E.Coli	< 1,00 x 10 ¹	UFC/g	-		BAM Cap 4	1,00 x 10 ¹ UFC/g
Recuento de Hongos y Levaduras	< 1,0 x 10 ¹	UFC/g	-		BAM Cap 18	1,0 x 10 ¹ UFC/g
Recuento Total Aerobio Mesófilo	1,5 x 10 ⁴	UFC/g	-		BAM Cap 3	1,0 x 10 ¹ UFC/g
Salmonella	Ausencia	P-A/25 g	-		BAM Cap 5	0,00 P-A/25 g

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres de los parámetros acreditados están calculadas y a disposición del cliente. AGQ no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, asociada a la toma de muestras y a otros datos descriptivos, marcados con (*). A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. La Incertidumbre aplicada al resultado no aplica para valores menores al Límite de Cuantificación (LC). La Incert Exp (U) ha sido reportada con un Factor de Cobertura k= 2, para un nivel de confianza aprox del 95%.

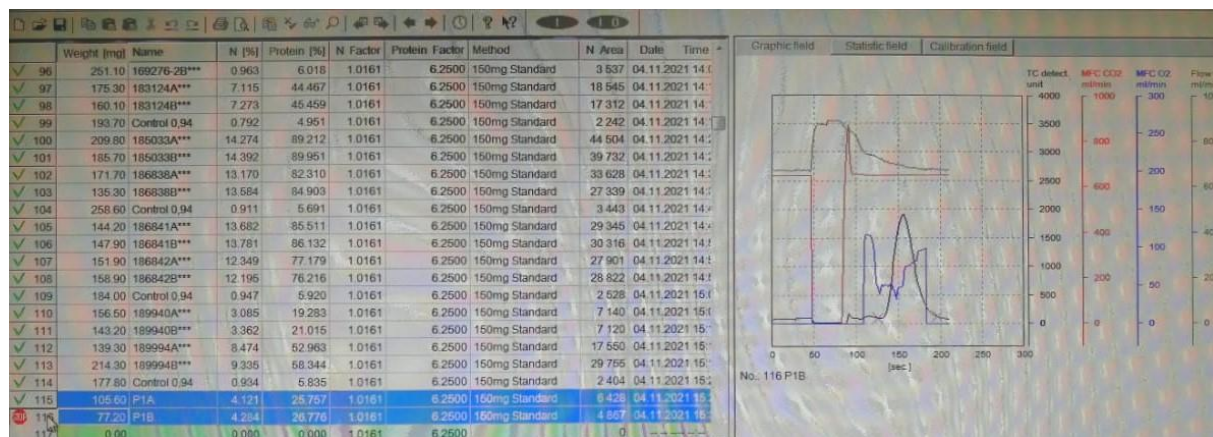
en el Para los parámetros de Reducibilidad es el AWD

Apéndice 8. Equipo para la obtención de cascarilla en Iguana chocolate

Apéndice 9. Resultado de fibra alimentaria en la barra nutritiva

FIBRA DIETÉTICA							
Muestra	Masa (g)	Filtro (g)	Peso Final (g)	% Ceniza	% Proteína	% FD	% FD Base Seca
176809B	5.6586	0.8743	1.0508	-----	21.48	0.24	0.243979606
176819A	0.8081	0.8439	1.3391	0.3	-----	0	0
176819B	3.3566	0.8892	2.8327	-----	5.42	5.46	5.458892332
176878A	0.8408	0.8717	1.5707	0.6	-----	0	0
176878B	3.6251	0.8708	3.8862	-----	7.93	7.61	7.608580122
177590A	0.5289	0.8486	0.9972	0.5	-----	0	0
177590B	3.2441	0.8608	1.8251	-----	5.42	2.80	2.796502697
177594A	0.6955	0.8668	1.1087	0.8	-----	0	0
177594B	3.3467	0.8923	2.2064	-----	12.98	3.39	3.385475304
177658A	0.7039	0.8687	1.2073	1.3	-----	0	0
177658B	3.1578	0.8515	2.5453	-----	68.16	1.64	1.638123124
Control Harina A	0.6478	0.8893	1.419	0.5	-----	0	0
Control Harina B	3.3333	0.8671	3.7512	-----	8.73	7.85	7.853771248
Prueba Barraita	0.5778	0.8877	1.0687	1.8	-----	0	0
Prueba Barraita	3.0011	0.8875	2.1364	-----	26	3.00	3.004584319

Apéndice 10. Resultado de proteína en la barra nutritiva



Apéndice 11. Pectina comercial de alto metoxilo utilizada para la comparación



Apéndice 12. Cálculo de diferencia porcentual relativa (RPD) de las réplicas para el análisis de humedad

$$RPD = \frac{R1-R2}{\left(\frac{R1+R2}{2}\right)} \times 100$$

R1: Muestra 1

R2: Muestra 2

$$RPD = \frac{14.3-14.2}{\left(\frac{14.3+14.2}{2}\right)} \times 100 = 0.7 \% RPD$$

Cálculo de diferencia porcentual relativa (RPD) de las réplicas para el análisis de proteína

$$RPD = \frac{R1-R2}{\left(\frac{R1+R2}{2}\right)} \times 100$$

R1: Muestra 1

R2: Muestra 2

$$\text{RPD} = \frac{18.85 - 18.68}{\left(\frac{18.85 + 18.68}{2}\right)} \times 100 = 0.9\% \text{ RPD}$$

Cálculo de diferencia porcentual relativa (RPD) de las réplicas para el análisis de vitamina C

$$\text{RPD} = \frac{R1 - R2}{\left(\frac{R1 + R2}{2}\right)} \times 100$$

R1: Muestra 1

R2: Muestra 2

$$\text{RPD} = \frac{27.07 - 27.03}{\left(\frac{27.07 + 27.03}{2}\right)} \times 100 = 0.1\% \text{ RPD}$$

ANEXOS

Anexo 1. Carta de revisión filológica

San José, 27 de abril de 2022

Señores(as):

Universidad Técnica Nacional

Estimados señores(as):

Yo, María Fernanda Sanabria Coto, cédula de identidad 114290780, bachiller en Filología española graduada en la Universidad de Costa Rica, perteneciente a la Asociación Costarricense de Filólogos (ACFIL), carné 225 y al Colegio de Licenciados y Profesores en Letras, Filosofía, Ciencias y Artes de Costa Rica (COLYPRO), código 75402, hago constar que he revisado el documento titulado:

**EVALUACIÓN DE LA VIABILIDAD TÉCNICA DEL APROVECHAMIENTO DE
LA CASCARILLA Y CÁSCARA DE CACAO (*THEOBROMA CACAO*) EN LA
ELABORACIÓN DE PRODUCTOS ALIMENTARIOS**

Dicho documento fue elaborado por Susana Gabriela Rodríguez López, cédula de identidad 116480543 y Yoselyn Vargas Barrantes, cédula de identidad 207370193 con el fin de optar al grado de Licenciatura en Ingeniería en Tecnología de Alimentos. He revisado y corregido aspectos tales como construcción de párrafos, vicios del lenguaje trasladados a lo escrito, ortografía, puntuación y otros relacionados con el campo filológico.

Atentamente,

Fernanda S. Coto.



María Fernanda Sanabria Coto
Asociación Costarricense de Filólogos. Carné nro. 225
Colypro. Código 75402
fernanda.sanabria@filologos.cr
Teléfono: +506 6022 9569

MARIA
FERNANDA
SANABRIA
COTO (FIRMA)

Firmado digitalmente por
MARIA FERNANDA
SANABRIA COTO (FIRMA)
Motivo: Carta de revisión
filológica
Fecha: 2022.04.27
20:39:47 -06'00'

Carta de autorización para uso y manejo de los trabajos finales de graduación**Universidad Técnica Nacional.**

Atenas, 26 de agosto del 2022.

Señores
Vicerrectoría de Investigación
Sistema Integrado de Bibliotecas y Recursos Digitales

Estimados señores:

Nombre de sustentantes	Cédula
Susana Gabriela Rodríguez López	116480543
Yoselyn María Vargas Barrantes	207370193

Nosotros en calidad de autores del trabajo de graduación titulado:

EVALUACIÓN DE LA VIABILIDAD TÉCNICA DEL APROVECHAMIENTO DE LA CASCARILLA Y CÁSCARA DE CACAO (*THEOBROMA CACAO*) EN LA ELABORACIÓN DE PRODUCTOS ALIMENTARIOS.

El cual se presenta bajo la modalidad de:

Seminario de Graduación

Proyecto de Graduación


Tesis de Graduación

Presentado en la fecha 11/08/2022, autorizamos a la Universidad Técnica Nacional, sede Atenas, para que nuestro trabajo pueda ser manejado de la siguiente manera:

Autorizamos	
Conservación de ejemplares para préstamo y consulta física en biblioteca	X
Inclusión en el catálogo digital del SIBIREDI (Cita catalográfica)	X
Comunicación y divulgación a través del Repositorio Institucional	X
Resumen (Describe en forma breve el contenido del documento)	X
Consulta electrónica con texto protegido	X
Descarga electrónica del documento en texto completo protegido	X
Inclusión en bases de datos y sitios web que se encuentren en convenio con la Universidad Técnica Nacional contando con las mismas condiciones y limitaciones aquí establecidas.	X

Por otra parte, declaramos que el trabajo que aquí presentamos es de plena autoría, es un esfuerzo realizado de forma conjunta, académica e intelectual con plenos elementos de originalidad y creatividad. Garantizamos que no contiene citas, ni transcripciones de forma indebida que puedan devenir en plagio, pues se ha utilizado la normativa vigente de la American Psychological Association (APA). Las citas y transcripciones utilizadas se realizan en el marco de respeto a las obras de terceros. La responsabilidad directa en el diseño y presentación son de competencia exclusiva, por tanto, se exime de toda responsabilidad a la Universidad Técnica Nacional.

Conscientes de que las autorizaciones no reprimen nuestros derechos patrimoniales como autores del trabajo. Confiamos en que la Universidad Técnica Nacional respete y haga respetar nuestros derechos de propiedad intelectual.

Nombre del estudiante	Cédula	Firma
Susana Gabriela Rodríguez López	116480543	
Yoselyn María Vargas Barrantes	207370193	Yoselin Vargas B

Día: 01 septiembre del 2022