SEDE ATENAS

ÁREA DE TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

EVALUACIÓN FÍSICO-QUÍMICA Y SENSORIAL DE UN SUSTITUTO DE LICOR DE CACAO Y UN PRODUCTO TIPO CHOCOLATE ELABORADO A PARTIR DE SEMILLAS DE RAMBUTÁN (*Nephelium lappaceum*), APLICANDO DOS TRATAMIENTOS DE FERMENTACIÓN Y EL PROCEDIMIENTO TRADICIONAL DEL CACAO PARA LA OBTENCIÓN DE CHOCOLATES

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

MÓNICA LUCÍA ACOSTA ALPÍZAR

KARINA JIMÉNEZ GONZÁLEZ

ATENAS, ALAJUELA, COSTA RICA

DICIEMBRE, 2018

DECLARACIÓN JURADA

Yo, Mónica Lucía Acosta Alpízar, portadora de la cédula de identidad número 114520848 y Karina Jiménez González, portadora de la cédula de identidad número 207220799, 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 la Directora 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 elaborada, 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 06 días del mes de diciembre del dos mil dieciocho.

_____

Mónica Lucía Acosta Alpízar 114520848

_____

Karina Jiménez González 207220799

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

Eduardo Barrantes Guevara
Director Investigación Sede Atenas

Ana María Bárcenas Parra
Directora de Carrera

Enrique Umaña Fallas
Tutor del TFG

Angie Mariela Blanco González
Lectora

Catalina Chaves Solano
Lectora

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios y a la vida por haberme permitido ser estudiante de la UTN de Atenas e ingresar a la carrera de Tecnología de Alimentos en el momento más oportuno; por darme todo lo que necesitaba para poder concluir esta etapa de mi vida y poder desarrollar este proyecto.

A mi familia, por la educación y los valores, por ser mi fortaleza y mi motivación en los momentos más difíciles. Gracias infinitas a mi abuelo Marino, Cristian, mami, Kathy, tío Martín y tía Ana Lía por toda la ayuda que me brindaron durante la realización de la tesis.

A la UTN de Atenas, por tantas experiencias; por la formación académica, técnica y humana. Agradezco a los profesores de la carrera, especialmente a Alessandra Bulgarelli, Fernando Gámez y Adrián Roda, por todas sus enseñanzas, son excepcionales y ejemplares, como profesionales y como personas. A Ana María Bárcenas, por toda la colaboración durante todo el tiempo lectivo y en esta última etapa. A Enrique Umaña por los consejos y el apoyo para llevar a cabo el proyecto.

A Kari, mi compañera de tesis, por el esfuerzo, la confianza y el apoyo; por haber formado un equipo conmigo y persistir a pesar de los momentos difíciles.

A la Chocolatería Estukurú, por permitirnos utilizar sus instalaciones, equipos y materiales, y por todo el conocimiento y ayuda técnica que nos brindó el personal durante las pruebas experimentales de la tesis.

A mis amigas de la u, especialmente a Colo, Meli, Rebe y Vanessita, por hacerme sentir en hermandad; soy muy afortunada por haberlas conocido y tenerlas en mi vida.

A todos mis familiares, amigos, conocidos y personas que me apoyaron y estuvieron ahí siempre.

Moni

DEDICATORIA

Para mi mamita, Cristian, Kathy, Nacho y mi abuela Lilia. Espero que me alcance la vida para poder devolverles tanto amor, felicidad y todo lo bueno que me han dado siempre.

Para mi papá, mi ángel protector, espero que se sienta orgulloso de mí. Allá, al final del arcoíris le mando mis triunfos.

Esto es por y para ustedes, los amo con toda mi alma.

Moni

AGRADECIMIENTOS

Al universo sabio que me ha puesto donde debía, a todas y cada una de las deidades universales, a la eclosión a la que me condujeron las experiencias universitarias, en la amplitud del contenido.

A mi madre (Juan Gatita) por su apoyo y acompañamiento durante el proceso. A mi padre y su esfuerzo, por haber trabajado duro siempre para darme la oportunidad de iniciar esta etapa académica. A mi padrastro Quintín por su disposición a la colaboración. A mis tías, Sama y Neny por su apoyo incondicional.

A Mo, mi compañera de tesis, por manejar buenos términos de comunicación en situaciones de crisis, por haberlo logrado a pesar de las adversidades, por habernos mantenido a pie de guerra siempre.

A Daniela Barquero por regalarnos muchos kilos de mamón durante las pruebas prácticas. A chocolatería Estukurú, especialmente a Andrea González y Tatiana Salas quienes siempre se mostraron anuentes a colaborar en la medida de lo posible con el proyecto.

A Yuliana González colaboradora del laboratorio de Química de la UTN por mostrar una solidaridad increíble y un acompañamiento fenomenal durante el proceso de pruebas prácticas.

A Estefany Cerdas y Karla Alvarado por su apoyo emocional y motivación durante todo el proceso.

A la gente quien no nombro personalmente, pero que se mantuvieron siempre humanos, siempre solidarios, siempre amigos, a los que jamás dejaron de creen en mí.

Y me agradezco a mí, por siempre llegar donde me propongo, por tener disposición para afrontar lo que se venga con lo que hay.

Karina

DEDICATORIA

A mi madre,

a mi padre,

y a mis tías Sama y Neny.

Por todo aquello que me han dado en la vida,

por no poder demostrarme más amor.

Gracias infinitas.

Karina

RESUMEN

Se realizó un estudio para evaluar el rambután (*Nephelium lappaceum*) como una alternativa de un sustituto de licor de cacao en la elaboración de chocolates, siguiendo un procedimiento análogo al que recibe el cacao, con el fin de aprovechar la sobreproducción de la fruta en la temporada de cosecha. Se aplicaron dos tratamientos de fermentación T1 y T2 con una duración de 7 y 11 días, respectivamente. Las semillas de rambután del T1, T2 y una muestra control T0 fueron secadas hasta un 7-8% de humedad. Se continuó con las etapas de tostado, descascarillado y molienda, obteniendo los sustitutos de licor de cacao a base de semilla de rambután (SLCBSR) con textura similar a una harina, diferentes tonos marrón y diferentes aromas (principalmente a ácido acético, cacao y maní, para T1, T2 y T0 respectivamente). Se realizó el proceso de conchado utilizando más de un 63% de SLCBSR y un 21% de manteca de cacao para elaborar los productos tipo chocolate. En la etapa de temperado, para el T0 se logró una curva de temperatura similar a la del chocolate, mientras que el T1 requirió temperaturas más elevadas y el T2 no logró temperarse. Se moldearon y se empacaron para su evaluación sensorial. El análisis proximal de los SLCBSR y una muestra de licor de cacao variedad CCN51 mostraron diferencias en su composición, siendo menores los porcentajes de grasa, proteína y cenizas, y mayores los porcentajes de carbohidratos y humedad en los SLCBSR con respecto al licor de cacao. El perfil de ácidos grasos presentó cierta similitud entre la grasa de semilla de rambután y la manteca de cacao, además se encontró una disminución y desaparición de ácidos grasos en los tratamientos T1 y T2 en relación con el T0. El análisis sensorial aplicado al consumidor evidenció una aceptabilidad mayor para los productos tipo chocolate elaborados con SLCBSR del T0, obteniendo en una escala de 9 puntos, un promedio de 6,16 en el atributo de sabor; 6,59 en aroma; 6,41 en textura y 5,61 en similitud al chocolate, mientras que en color fue más aceptable el tratamiento T2 con un promedio de 6,59. Con esta investigación, se encontró la posibilidad de utilizar el rambután como materia prima para la producción de productos tipo chocolate, siguiendo realizando un procesamiento adecuado.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN 1
1.1. Justificación 2
1.2. Principales antecedentes 3
1.3. Objetivos 7
1.3.1. Objetivo General 7
1.3.2. Objetivos Específicos 7
1.4. Alcances y Limitaciones 8
1.4.1. Alcances 8
1.4.2. Limitaciones 8
2. MARCO TEÓRICO 9
2.1. El rambután 9
2.1.1. Cultivo de rambután en Costa Rica 10
2.1.2. Cosecha 11
2.1.3. Variedades 12
2.1.4. Composición nutricional 13
2.2. Chocolate 16
2.2.1. Historia del chocolate 16
2.2.2. Cacao 17
2.2.3. Etapas en el proceso del chocolate 19
2.2.4. Derivados del cacao 23
2.2.5. Sucedáneos de chocolate 24
2.2.6. Características sensoriales del chocolate 24

2.3. Análisis Sensoriales 25
2.3.1. Pruebas Afectivas 26
2.4. Análisis proximal 26
2.5. Perfil de ácidos grasos 27
3. MARCO METODOLÓGICO 28
3.1. Tipo de Investigación 28
3.2. Fuentes de información 28
3.3. Instrumentos y técnicas de recolección de datos 29
3.3.1. Pruebas preliminares 29
3.3.2. Período y ubicación donde se desarrolla la investigación 30
3.3.3. Materia prima 30
3.3.4. Materiales y Equipos 31
3.4. Procedimientos metodológicos de la investigación 32
3.4.1. Descripción del proceso 32
3.4.2. Análisis proximal y perfil de ácidos grasos 38
3.4.3. Evaluación sensorial 39
4. ANÁLISIS DE RESULTADOS 42
4.1. Descripción del comportamiento funcional del rambután como sustituto de licor de cacao, aplicando dos tratamientos de fermentación y cada una de las etapas del procedimiento tradicional del cacao para la obtención de chocolate 42
4.1.1. Fermentación 43
4.1.2. Secado 58
4.1.3. Tostado 59
Fuente: Elaboración propia 59
4.1.4. Descascarillado 61
4.1.5. Molienda 62

4.1.6. Conchado 63

4.1.7. Temperado 65

4.2. Comparación mediante análisis proximal y perfil de ácidos grasos, entre el licor de cacao y el sustituto de licor de cacao a base de semillas de rambután obtenido en dos tratamientos de fermentación y una muestra control 67

4.2.1. Proteína 67

4.2.2. Grasa 69

4.2.3. Humedad 72

4.2.4. Cenizas 73

4.2.5. Carbohidratos 75

4.2.6. Perfil de ácidos grasos 77

4.3. Aplicación de una escala hedónica al consumidor para determinar el agrado y preferencia de productos tipo chocolate elaboradas con SLCBSR obtenido en los tres tratamientos de fermentación 80

4.3.1. Sabor 81

4.3.2. Aroma 83

4.3.3. Color 85

4.3.4. Textura 86

4.3.5. Similitud con chocolate 88

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 93

5.1. Conclusiones 93

5.2. Recomendaciones 94

BIBLIOGRAFÍA 96

ANEXOS 113

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Porcentajes de cáscara, semilla y pulpa de cinco variedades de rambután 13
Tabla 2. Valores nutricionales de la pulpa de rambután 14
Tabla 3. Contenido nutricional de la semilla de rambután 15
Tabla 4. Contenido mineral del aceite de la semilla de rambután 15
Tabla 5. Información nutricional de las semillas de cacao 18
Tabla 6. Materiales y equipos utilizados en el proceso de elaboración de los SLCBSR y productos tipo chocolate 31
Tabla 7. Análisis proximal realizado a los sustitutos de licor de cacao a base de semillas de rambután, obtenidos con la aplicación de los tratamientos de fermentación T0, T1 y T2. 39
Tabla 8. Resultados de temperatura en la fermentación del rambután aplicando los tratamientos T1 y T2 53
Tabla 9. Resultados de pH de la semillas en la fermentación del rambután aplicando los tratamientos T1 y T2..... 55
Tabla 10. Resultados de concentración de sólidos solubles en la fermentación del rambután aplicando los tratamientos T1 y T2..... 56
Tabla 11. Resultados de tiempo y porcentaje de humedad en la etapa de secado del rambután aplicando los tratamientos T1, T2 y el control T0..... 58
Tabla 12. Resultados de tiempo y temperatura en la etapa de tostado del rambután aplicando los tratamientos T1, T2 y el control T0 59
Tabla 13. Formulación de productos tipo chocolate utilizando SLCBSR obtenidos en los tratamientos T0, T1 y T2..... 64
Tabla 14. Resultados de temperaturas en la etapa de temperado de productos tipo chocolate utilizando SLCBSR obtenidas en los tratamientos T0, T1 y T2 65
Tabla 15. Comparación entre perfil de ácidos grasos de manteca de cacao y grasa de semilla de rambután..... 66
Tabla 16. Estimación del contenido de proteína en licor de cacao y SLCBSR obtenidos en los tratamientos T1, T2 y T0 68

Tabla 17. Estimación del contenido de grasa en licor de cacao y SLCBSR obtenidos en los tratamientos T1, T2 y T0 70
Tabla 18. Estimación del contenido de humedad en licor de cacao y SLCBSR obtenidos en los tratamientos T1, T2 y T0 72
Tabla 19. Estimación del contenido de cenizas en licor de cacao y SLCBSR obtenidos en los tratamientos T1, T2 y T0 74
Tabla 20. Estimación del contenido de carbohidratos en licor de cacao y SLCBSR obtenidos en los tratamientos T1, T2 y T0 75
Tabla 21. Estimación del perfil de ácidos grasos en licor de cacao y SLCBSR obtenidos en los tratamientos T1, T2 y T0 77
Tabla 22. Resultado del ANOVA para el atributo sabor..... 81
Tabla 23. Resultado del ANOVA para el atributo aroma 83
Tabla 24. Resultado del ANOVA para el atributo color..... 85
Tabla 25. Resultado del ANOVA para el atributo textura..... 87
Tabla 26. Resultado del ANOVA para el atributo similitud con chocolate..... 89
Tabla 27. Resultados de aceptación/preferencia de los productos tipo chocolate elaborados con SLCBSR de los tratamientos T1, T2 y T0, obtenidos en la evaluación sensorial en consumidores..... 91

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Diagrama de flujo de pasta de rambután 35
Ilustración 2. Diagrama de flujo de productos tipo chocolate con sustituto de licor de cacao a base de semillas de rambután 37
Ilustración 3. Escala de nueve puntos aplicada en la evaluación sensorial de los productos tipo chocolate 40
Ilustración 4. Inicio de fermentación del rambután 44
Ilustración 5. Liquido remante a las 24 horas de fermentación del rambután 45
Ilustración 6. Semillas de rambután durante las primeras 48 horas de fermentación. a) Día 1. b) Día 2 46
Ilustración 7. Granos de cacao durante las primeras 48 horas de fermentación .. 46
Ilustración 8. Comparación entre las semillas frescas de cacao y rambután 47
Ilustración 9. Semillas de rambután durante el tercer y cuarto día de fermentación. a) Día 3. b) Día 4 48
Ilustración 10. Cacao en el tercer y cuarto día de fermentación 49
Ilustración 11. Semillas de rambután durante el quinto, sexto y sétimo día de fermentación. a) Día 5. b) Día 6 c) Día 7 50
Ilustración 12. Cacao en el sexto y sétimo día de fermentación 51
Ilustración 13. Semillas de rambután durante el quinto, sexto y sétimo día de fermentación. a) Día 8. b) Día 9. c) Día 10. d) Día 11 51
Ilustración 14. Comparación entre cascarilla de rambután y cascarillas de cacao. a) Cascarilla de semilla de rambután. b) Cascarilla de cacao 61
Ilustración 15. Comparación entre la parte interna de semillas de rambután y “nibs” de cacao. a) rambután. b) “nibs” de cacao 62
Ilustración 16. Sustitutos de licor de cacao a base de semillas de rambután. a) T0. b) T1. c) T2 63

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Porcentaje de proteína en licor de cacao y SLCBSR del T0, T1 y T2 .. 69
Gráfico 2. Porcentaje de grasa en licor de cacao y SLCBSR del T0, T1 y T2 70
Gráfico 3. Porcentaje de humedad en licor de cacao y SLCBSR del T0, T1 y T2. 73
Gráfico 4. Porcentaje de cenizas en licor de cacao y SLCBSR del T0, T1 y T2 ... 74
Gráfico 5. Porcentaje de carbohidratos en licor de cacao y SLCBSR del T0, T1 y T2 76
Gráfico 6. Perfil de ácidos grasos en licor de cacao y SLCBSR del T0, T1 y T2 . 79
Gráfico 7. Aceptación/Preferencia del sabor en los productos tipo chocolate elaborados con SLCBSR del T1, T2 y T0..... 82
Gráfico 8. Aceptación/Preferencia del aroma en los productos tipo chocolate elaborados con SLCBSR del T1, T2 y T0..... 84
Gráfico 9. Aceptación/Preferencia del color en los productos tipo chocolate elaborados con SLCBSR del T1, T2 y T0..... 86
Gráfico 10. Aceptación/Preferencia de textura en los productos tipo chocolate elaborados con SLCBSR del T1, T2 y T0..... 87
Gráfico 11. Aceptación/Preferencia del atributo similitud con chocolate en los productos tipo chocolate elaborados con SLCBSR del T1, T2 y T0 89

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Hoja de evaluación sensorial, prueba de agrado/preferencia 113
Anexo 2. Cromatograma de perfil de ácidos grasos de licor de cacao, réplica 1 114
Anexo 3. Cromatograma de perfil de ácidos grasos de licor de cacao, réplica 2 114
Anexo 4. Cromatograma de perfil de ácidos grasos SLCBSR T0, réplica 1 115
Anexo 5. Cromatograma de perfil de ácidos grasos SLCBSR T0, réplica 2 115
Anexo 6. Cromatograma de perfil de ácidos grasos SLCBSR T1, réplica 1 116
Anexo 7. Cromatograma de perfil de ácidos grasos SLCBSR T1, réplica 2 116
Anexo 8.Cromatograma de perfil de ácidos grasos SLCBSR T2, réplica 1 117
Anexo 9. Cromatograma de perfil de ácidos grasos SLCBSR T2, réplica 2 117

ABREVIATURAS

AG: Ácido(s) Graso(s)

CITA: Centro de Investigación en Tecnología de Alimentos

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

SLCBSR: Sustituto(s) de licor de cacao a base de semillas de rambután

T0: Tratamiento sin fermentación, tratamiento control

T1: Tratamiento de fermentación de 7 días

T2: Tratamiento de fermentación de 11 días

T3: Tratamiento de fermentación de 15 días

UCR: Universidad de Costa Rica

UTN: Universidad Técnica Nacional

1. INTRODUCCIÓN

Las frutas tropicales pueden definirse como frutas que se producen en los climas tropicales o subtropicales; frecuentemente son llamadas frutas exóticas en los países donde son importadas y consumidas, y aunque esta condición no indica que procede de un lugar particular, los países productores de frutas tropicales son países en desarrollo mientras que los países desarrollados son los principales importadores. (Laurent, 2011)

Tomando en cuenta esta característica, es posible explorar espacios de innovación alimentaria aprovechando la disponibilidad de frutas exóticas que pierden su valor debido a la sobreproducción en las temporadas de cosecha, como sucede con el rambután.

El rambután se considera una fruta exótica y, como se mencionó anteriormente, tiene una importante demanda a nivel internacional, especialmente en países de Europa (IICA, 2007). Según Illescas *et al* (2007), adquiere un alto precio, pues es muy perecedero y su transporte debe realizarse en avión desde los países productores.

En las últimas décadas, el cultivo de rambután ha tenido un notable crecimiento en Centroamérica, especialmente en Honduras, Guatemala y Costa Rica y, en menor proporción, en Nicaragua y El Salvador (AHPERAMBUTAN, 2006). El auge de producción de este fruto exótico ha incrementado de tal modo que en el punto máximo de la cosecha, los productores deben reducir los precios de manera drástica para no perder su producción.

En Costa Rica, el cultivo del rambután es desarrollado por pequeños productores de las regiones Brunca, Huetar Caribe y Huetar Norte. Se estima que en el territorio nacional hay aproximadamente 1700 hectáreas plantadas, generando un producción de 2 millones de kilos. (UCR, 2017)

Por esta razón, se pretende evaluar el rambután como sustituto de licor de cacao en la elaboración de chocolates, con el fin de reducir el desperdicio, aumentar el aprovechamiento de la fruta e incrementar los ingresos de los productores.

1.1. Justificación

Durante la temporada de rambután, que se presenta entre los meses de julio y noviembre en Costa Rica, se da una sobreproducción de la fruta, debido a las grandes cosechas en diferentes zonas del país, lo cual genera un desaprovechamiento debido a la saturación del mercado. Los productores de rambután deben comercializar la fruta a muy bajos precios, o en el peor de los casos, pierden gran parte de la cosecha.

Como consecuencia al desperdicio de rambután que tuvo que enfrentar un productor de la zona de Río Frío de Sarapiquí, en el año 2015, se pretende dar valor agregado a su producción mediante el procesamiento de la fruta, pues al ser altamente perecedero, las probabilidades de comercializarlo nacional e internacionalmente aumentarían al convertirse en un producto procesado. Además, el procesamiento de productos nacionales impulsa el desarrollo e innovación que van formando la popularidad y reconocimiento del país.

Con la intención de diversificar el tipo de consumo, se pretende desarrollar un sucedáneo de chocolate a partir de rambután, con la intención de mejorar los ingresos, reducir el desperdicio y aumentar el aprovechamiento de la fruta. El proyecto pretende la promoción del crecimiento de una economía hacia adentro, es decir, aprovechar los recursos locales y procesarlos en industrias nacionales para comercializarlos internamente o exportarlos, esto una vez que el producto ya hubiese adquirido su valor máximo.

Con este estudio no solo se promovería la elaboración de un producto, sino que permitiría el seguimiento de investigaciones en diferentes áreas científicas y

académicas, con el fin de aprovechar todos los beneficios y usos de la fruta, incluyendo las partes que usualmente se desechan, como la cáscara y la semilla.

La semilla de rambután (con o sin pulpa) se podría utilizar en un sucedáneo de licor de cacao y poder elaborar productos tipo chocolate, esto mediante la fermentación y un proceso análogo al que recibe el cacao para obtener el chocolate, uno de los productos más representativos y consumidos en la industria de la confitería y que constantemente aumenta su valor.

A grandes rasgos, el rambután y el cacao poseen una semilla cubierta de pulpa rica en azúcares, ácidos y otros componentes que permiten realizar una comparación entre ambos para evaluar su semejanza. Aunado a esto, ya existen estudios que revelan su similitud en aspectos físico-químicos, sensoriales y funcionales, sustentando de esta manera, la base de esta investigación.

Por esta razón, se realiza una investigación exploratoria donde se investigan diferentes etapas del proceso del chocolate, adaptando el rambután a dichas etapas. Debido a variables incontrolables dentro de la investigación, los resultados no representan un desarrollo de productos como tal, sino facilita los resultados y guía al lector sobre recomendaciones y posibles maneras de obtener resultados idóneos.

Por medio de esta investigación pequeños productores podrían tomar una base para desarrollar un sustituto de licor de cacao a base de semillas de rambután y dar valor agregado a su producto, posicionándose en el mercado e impulsando el aprovechamiento del rambután.

1.2. Principales antecedentes

Actualmente, existen algunas investigaciones sobre el rambután en Costa Rica, enfocadas principalmente en maximizar el aprovechamiento de la fruta, desarrollando productos que aporten un importante valor para el consumidor, así

como para el productor, con el fin de aumentar los ingresos de los agricultores y mejorar sus condiciones de vida.

Para el año 2013, la FAO en conjunto con el CITA desarrollaron un proceso de industrialización de varios productos a base de rambután, como mermelada, jugo, snacks de pulpa deshidratada, entre otros; según estudios de mercado, se obtuvo el 70% de aceptación de estos productos. (FAO, 2013)

Otro producto obtenido en este convenio fue harina hecha a partir de la cáscara de rambután, con la perspectiva de que al procesar la fruta no se generaran desechos y con la intención de mantener todas las propiedades nutricionales. Bajo este concepto también crearon semillas tipo pistacho y dátiles, en los cuales se consumía tanto la pulpa como la semilla (UCR, 2017), de esta manera, se demostró que la fruta en su totalidad es comestible realizando los procesamientos adecuados.

En el contexto internacional, un estudio realizado en la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas y el Instituto Tecnológico de Veracruz también demostró que la semilla de rambután puede ser consumida como alimento. En este caso se elaboró un producto similar al chocolate; sin embargo, la fruta no recibió el mismo tratamiento que se aplica al cacao, para procesarlo se eliminó la pulpa y se omitió la etapa de fermentación. Además, para su formulación se utilizó maní y canela, ingredientes que generalmente no están presentes en un chocolate puro. (García y Méndez, 2015)

En este mismo estudio, el análisis de contenido de grasa en la semilla de rambután, perteneciente a la zona del Soconusco, Chiapas, arrojó un contenido de grasa de 22.8±0.16% que, comparado con el contenido de grasa del cacao (52−54%), representa aproximadamente la mitad; a pesar de la diferencia en el contenido graso de ambas semillas, se logró desarrollar un sucedáneo de chocolate con características sensoriales similares.

Con respecto a la grasa de semilla de rambután específicamente, se han realizado investigaciones sobre sus características físicas y químicas que demuestran la posibilidad de utilizarla para fabricar productos alimenticios, farmacéuticos, cosméticos, entre otros. En el año 2013, Issara *et al* indicaron que la grasa extraída de la semilla del rambután cuenta con propiedades reológicas similares a las de la manteca de cacao, por lo cual podría utilizarse como sustituto de esta en la elaboración de chocolates.

Esta similitud ha promovido diferentes investigaciones en las cuales se ha demostrado la compatibilidad entre la grasa de semilla de rambután y la manteca de cacao, en diferentes aspectos. Por ejemplo, un estudio del comportamiento térmico, la microestructura y las propiedades de textura en mezclas de grasa de semilla de rambután fermentado y tostado, y manteca de cacao, indicó que se puede sustituir hasta un 30% la manteca de cacao por grasa de semilla de rambután en productos de chocolatería y confitería. (Febrianto et al, 2014)

Como continuación de estas investigaciones, se realizó un estudio acerca del desarrollo del compuesto de sabor a cacao como efecto de la fermentación y el tostado en semillas de rambután. Se efectuaron tratamientos con diferentes tiempos de fermentación (3, 6 y 9 días) en semillas con una pequeña cantidad de pulpa, ya que son residuos industriales del proceso de conservas o jugos fabricados a partir de la pulpa. Se encontró que el tratamiento de la fermentación seguido por el tratamiento de tostado aumenta significativamente el índice de pardeamiento, contenido de melanoidina y la presencia de compuestos volátiles como pirazinas, indicadores asociados a atributos sensoriales característicos del chocolate. (Febrianto *et al*, 2016)

Asimismo, Khairy *et al* (2018) realizaron un estudio en el cual se determinó el comportamiento de los compuestos químicos responsables del sabor en la grasa de semilla de rambután y la manteca de cacao. Para esto, realizaron un proceso de fermentación de 6 días en las muestras de rambután con una pequeña cantidad de pulpa en la semilla, después continuaron con una etapa de tostado por 30 minutos a 150 °C y, posterior a esto, realizaron una extracción de grasa

para preparar mezclas de grasa de semilla de rambután con manteca de cacao, en diferentes proporciones. Los resultados indicaron que las mezclas que contenían más del 20% de grasa de semilla de rambután, aumentó la contribución de ésteres, alcoholes, aldehídos, pirazinas y otros compuestos responsables de características de sabor típicas del chocolate, demostrando así que la grasa de semilla de rambután puede emplearse en la producción de productos de chocolate para mejorar su calidad.

Otro estudio de colaboradores de la University of Baghdad- Iraq, University Sains Malaysia, University Malaysia Perlis, publicado en la revista International Food Research Journal, sobre el color, las propiedades antioxidantes (compuestos fenólicos) y la eliminación de radicales en la grasa de la semilla rambután y su mezcla con manteca de cacao, concluyen que es posible utilizar la grasa de la semilla de rambután como alternativa a la manteca de cacao a pesar de diferencias en las propiedades físicas y químicas en las diversas proporciones de mezclas utilizadas para el estudio. (Zzman et al, 2014)

Desde otra perspectiva, existen investigaciones enfocadas en analizar la semilla de rambután sin el contenido graso. Un estudio llevó a cabo la caracterización de harina de semilla de rambután evaluando algunas propiedades seleccionadas. Después de eliminar hasta un 90% de grasa, la harina presentó un alto contenido de proteína, carbohidratos y amilosa, similares a los de la harina de trigo. Además, evaluando su toxicidad se demostró que es un alimento seguro para el consumo (Eiamwat et al, 2015). Los investigadores de este estudio compararon este producto con otras fuentes de harina e informaron que, de acuerdo con el bajo patrón de viscosidad que presentó, la harina de semilla de rambután es adecuada para la aplicación en productos de confitería.

De este modo, la presente investigación pretende utilizar tanto la semilla como la pulpa de rambután en la evaluación como sustituto de licor de cacao, elaborando, mediante un proceso análogo al procesamiento del cacao, un producto tipo chocolate y llevando a cabo análisis físicos, químicos y sensoriales,

para determinar su similitud con el cacao, con el proceso de fabricación de chocolates y con el producto final.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Evaluar mediante análisis físico-químicos y sensoriales, el potencial de un sustituto de licor de cacao y un producto tipo chocolate a partir de semillas de rambután, aplicando dos tratamientos de fermentación y el procedimiento tradicional del cacao para la obtención de chocolates.

1.3.2. Objetivos Específicos

1) Analizar el comportamiento funcional del rambután como sustituto de licor de cacao, aplicando dos tratamientos de fermentación y cada una de las etapas del procedimiento tradicional del cacao para la obtención de chocolate.
2) Comparar el licor de cacao y el sustituto de licor de cacao a base de semillas de rambután obtenido en dos diferentes tratamientos de fermentación y una muestra control, mediante análisis proximal y perfil de ácidos grasos.
3) Determinar mediante una escala hedónica al consumidor, el agrado, preferencia y similitud al chocolate de productos tipo chocolate con sustituto de licor de cacao a base de semillas de rambután obtenido en dos tratamientos de fermentación y una muestra control.

1.4. Alcances y Limitaciones

1.4.1. Alcances

Con este proyecto se pretende:

- Contribuir con los productores de rambután de las diferentes zonas del país para evitar pérdidas en temporada de cosecha.
- Disminuir los desechos aprovechando la semilla de la fruta mediante un procesamiento adecuado para el consumo humano.
- Proponer una alternativa innovadora en la industria de la confitería y chocolatería.

1.4.2. Limitaciones

- Algunas etapas del proceso son afectadas por las condiciones climáticas, lo cual ocasiona resultados indeseables.
- Recursos económicos para la continuación de la investigación.
- Temporada de cosecha.
- Tiempo asignado para la investigación.
- Infraestructura, materiales, equipos idóneos para el mejoramiento de las pruebas experimentales.

2. MARCO TEÓRICO

Costa Rica, al ser un país tropical, posee condiciones y características climáticas idóneas que le permiten un desempeño importante en el sector agropecuario, sus tierras permiten cosechar productos de alta calidad para comercializar de manera íntegra y natural o bien como productos procesados, tal es el caso de las frutas exóticas, como el rambután o mamón chino.

2.1. El rambután

El rambután *Nephelium lappacenm* o “mamón chino” (como se le conoce en Costa Rica) es una fruta exótica que se ha presenciado significativamente en el mercado nacional en los últimos años durante su época de cosecha. Presenta una forma redonda u ovalada, con una sola semilla cubierta de una pulpa blanca translúcida, la cual puede ser muy dulce o con ligera acidez, con un sabor similar al de las uvas (ARCR Administración S.A., 2016). Su cáscara es de color rojo claro a intenso, incluso se pueden encontrar frutos de color amarillo; posee pelos o espinas suaves, los cuales pueden ser de color rojo, verde o amarillo (MAG, 2010). El tamaño y peso de la fruta, así como de la cáscara, la pulpa y la semilla dependen de la variedad que se cultive.

La fruta crece en árboles de tamaño mediano, que alcanzan alturas de 12 a 20 metros y se desarrollan en climas tropicales húmedos. El árbol empieza a producir a partir de los 4 o 6 años y un árbol adulto puede llegar a cosechar hasta 400 kilogramos de rambután por año. (ARCR Administración S.A., 2016)

El rambután es procedente de Asia, específicamente de Malasia e Indonesia. Actualmente, se estima que Tailandia, Indonesia y Malasia son los tres grandes productores a nivel mundial, con 700.000, 350.000 y 70.000 t ha^{-1} anuales, respectivamente (Arias et al, 2016). Además, existen grandes plantaciones en

Centroamérica, Colombia, México, Trinidad y Tobago, Cuba, entre otros. (Arias y Calvo, 2014)

Según el MAG (2010), el rambután se puede sembrar desde los 0 hasta los 800 metros sobre el nivel del mar (msnm), con una precipitación promedio de 3000 mm por año, mientras que la temperatura requerida oscila entre los 26 y los 32 C, con buena luminosidad durante todo el año, pues implica una mejor maduración del fruto; además, la humedad relativa debe ser alta para impedir la deshidratación de los frutos. En Costa Rica, el rambután se ha adaptado debido al clima tropical húmedo, similar al de donde es originario.

2.1.1. Cultivo de rambután en Costa Rica

El rambután fue introducido a Costa Rica en los años 60 por la transnacional bananera United Fruit Company (Vargas, 2003). Esta fruta es considerada una de las mejores inversiones de producción en la Región Brunca del país (principal zona productora de rambután), “debido a su rendimiento, estabilidad de producción, precio atractivo y la gran resistencia que tienen los árboles a las diferentes condiciones atmosféricas y las enfermedades o plagas del campo”. (Arias y Calvo, 2014)

Las áreas de cultivo en esta región se concentran principalmente en los cantones de Corredores, Golfito, Osa y Pérez Zeledón. Además, existen áreas cultivadas en la Zona Norte (Guatuso, Los Chiles, San Carlos, Venecia, Ciudad Quesada, Santa Clara, Upala) y en la Zona Atlántica en lugares como Siquires, Batán, Limón, Pococí, Sarapiquí, entre otros. (Laurent, 2011)

La producción del rambután es cambiante, pues depende de cada variedad, de las condiciones edafológicas y climáticas, y del manejo que recibe; esto podría generar que el rendimiento sea distinto anualmente. El MAG (2010) señala, que debido al comportamiento cíclico de productividad, podrían presenciarse años

buenos y años malos; sin embargo, la cadena productiva de rambután ha ido aumentando en el país.

Para el 2007, solo la Región Brunca contaba con más de 800 hectáreas de rambután (MAG, 2010), mientras que para el año 2014 ya se sembraban 1013 hectáreas, de las cuales 923 ha (91%) se encontraban en la Región Brunca y 90 ha (9%) en la Región Atlántica y Huetar Norte, con más de 450 productores dedicados de esta actividad. (Arias y Calvo, 2014)

Con respecto al tiempo de producción, la cosecha de rambután se da en diferentes épocas del año, dependiendo de la zona; por ejemplo, en el sur de Costa Rica, se empiezan a ver los primeros frutos desde julio extendiendo la producción hasta septiembre (Arias y Calvo, 2014), mientras que en la zona norte y atlántica se inicia unos meses más tarde, extendiendo la cosecha hasta noviembre. (PROCOMER, 2017)

2.1.2. Cosecha

El rambután es una fruta no climatérica, es decir, no va a cambiar sus características una vez que haya sido cosechado, por lo tanto, se debe alcanzar la correcta maduración. De acuerdo con Arias y Calvo (2014) y Saborío (2006), esto se puede determinar observando algunos parámetros como:

- El peso (debe ser mayor de 30 g)
- Color rojo uniforme e intenso (según variedad)
- Grados brix mínimo de 18%
- pH entre 4,0 y 4,5
- Facilidad de desprendimiento de la pulpa en la semilla
- Forma ovoide (según variedad)
- Sin daños, herida o golpes

Si bien, las características para poder cosechar y consumir la fruta son las mismas para cada variedad, existen algunas diferencias entre ellas.

2.1.3. Variedades

A nivel mundial existe una gran cantidad de variedades de rambután; no obstante, han seleccionado aquellas que presentan las mejores características sensoriales. “Las variedades que se introdujeron en Costa Rica bajo el proyecto PROEXAG provenientes de Australia eran: Jitlee, Rongrien, R134, R156, R162 y R167”. (Laurent, 2011)

Actualmente, se cosechan diferentes variedades de rambután en distintas zonas del país. Según Arias y Calvo (2014), las principales variedades son:

- Variedad R134: Proveniente de Malasia. Este fruto es de forma redondeada, de coloración roja, y pesa aproximadamente 41 gramos. La pulpa es moderadamente firme y se desprende fácilmente de la semilla. Cáscara delgada y espinaretes color verde amarillento. El contenido de azúcares (sólidos solubles) oscila alrededor de 24 grados brix.
- Variedad R162: De origen malasio. El color es rojo claro y las espinas amarillas. Su pulpa es firme y se puede desprender fácilmente de la semilla. El peso promedio es de 42 gramos, con una concentración de sólidos solubles de 20 grados brix. Su maduración es más lenta.
- Variedad R167: Originaria de Malasia. El fruto es dulce y de forma alargada, de color rojo con espinas amarillentas. La pulpa es firme y se desprende fácilmente de la semilla. El peso promedio es aproximadamente de 34 gramos y posee un contenido de sólidos solubles de 20 grados brix.
- Variedad Jeetle: Originaria de Singapore. Cosecha un fruto de color rojo con espinas de color verde amarillento. El peso promedio es de 40 gramos, su cáscara es gruesa y la pulpa es firme y se desprende fácilmente de la

semilla. La concentración de sólidos solubles es de aproximadamente 20 grados brix.

- Variedad Rongrien: De origen tailandés. El árbol más pequeño que las otras variedades. El fruto es pequeño, de color rojo con espinaretes verdes. Su cáscara es delgada y posee una concentración de sólidos solubles superior a 20 grados brix.

2.1.4. Composición nutricional

El rambután está compuesto de cáscara, pulpa y semilla; Vargas (2003) indicó el porcentaje de cada uno de estos componentes en diferentes variedades de rambután. En la siguiente tabla se observa que aproximadamente la mitad del peso de la fruta corresponde a la cáscara, seguido de la pulpa y en menor proporción la semilla.

Tabla 1. Porcentajes de cáscara, semilla y pulpa de cinco variedades de rambután

Variedad	Cáscara por fruto (%)	Semilla por fruto (%)	Pulpa por fruto (%)
R-134	48,1 ± 4,2	7,7 ± 0,9	44,3 ± 3,8
R-162	53,3 ± 1,0	5,9 ± 0,4	40,8 ± 0,7
R-167	49,3 ± 1,5	7,8 ± 0,7	42,9 ± 1,4
Jetlee	48,2 ± 1,3	8,2 + 0,6	43,6 ± 1,2
Rongrien	40,9 ± 1,0	7,2 ± 0,1	51,9 ± 1,1

Fuente: (Vargas, 2003)

La fruta en su totalidad es rica en diversos nutrientes; sin embargo, la fracción que normalmente se consume es la pulpa; esta posee importantes cantidades de vitaminas (principalmente vitamina C), minerales (potasio, fósforo, magnesio) y azúcares, los cuales aportan su dulzor característico. La siguiente tabla presenta algunos nutrientes de la pulpa.

Tabla 2. Valores nutricionales de la pulpa de rambután

Descripción	Valores	Descripción	Valores	Descripción	Valores
Grasa	0,68 %	Nitrógeno	0,14 %	Ceniza	0,33 %
Proteína	0,91 %	Calcio	9,58 mg/100g	Hierro	0,34mg/100g
Magnesio	12,3 mg/100g	Manganeso	1,06 mg/100g	Potasio	84,1 mg/100g
Sodio	20,8 mg/100g	Zinc	0,17 mg/100g	Fósforo	16,6 mg/100g
Tiamina	< 0,010 mg/100g	Fibra	0,05 %	Riboflavina	0,050 mg/100g
Vitamina C	59,4 mg/100g	Vitamina A	< 40 IU/ 100g	Fructuosa	2,9%
Glucosa	2,9 %	Sucrosa	11,4 %	Maltosa	< 0,1%
Lactosa	0,1 %	Azúcares totales	17,2 %		

Fuente: (Arias y Calvo, 2014)

Se puede observar que el contenido de grasa en la pulpa es de un 0,68%, sin embargo, con respecto a la semilla del rambután, algunos autores señalan que el porcentaje de grasa es de un 14 a 41%. (Hajar et al, 2017 y Eiamwat et al, 2015)

Valdez (2014) indica que el contenido aproximado de grasa es de un 31%, mientras que los otros componentes se encuentran en la siguiente proporción:

Tabla 3. Contenido nutricional de la semilla de rambután

ANALISIS	RESULTADOS
Proteínas	12.40±0.22
Carbohidratos	48.10±0.65
Cenizas	2.26±0.42
Humedad	3.31±0.43
Agua activa	0.73±0.001

Fuente: (Valdez, 2014)

La grasa de la semilla del rambután posee algunos minerales con gran influencia nutricional. En la siguiente tabla se presentan los valores de los principales minerales presentes en esta grasa.

Tabla 4. Contenido mineral del aceite de la semilla de rambután

Mineral	**Contenido (mg/100g)**	**Valores dieta humana (mg/día)**
Mg	51.01 ± 1.80	320.420
Mn	1.62 ± 0.30	1.8
Ni	0.24 ± 0.001	ND
Cu	0.83 ± 0.04	0.90
Zn	40.61 ± 0.70	8
Ca	160.31 ± 7.90	1000
Fe	24.77 ± 4.10	18

Fuente: (Valdez, 2014)

El contenido de nutrientes del rambután se asemeja a otras frutas ricas en azúcares, ácidos y demás componentes nutricionales anteriormente citados,

incluyendo los que están presentes en la semilla. Por esta razón, se realiza una comparación entre el rambután y el cacao, fuente primordial del chocolate.

2.2. Chocolate

Es uno de los principales alimentos en la industria de la confitería; se obtiene por un proceso adecuado de fabricación a partir de materias de cacao que pueden mezclarse con productos lácteos, azúcares y/o edulcorantes y otros aditivos. (Codex Stan 87, 2003)

Existen diversos tipos de chocolate, según el Codex Stan 87 (2003), entre ellos el chocolate (se refiere al chocolate amargo), chocolate de cobertura, chocolate con leche, chocolate blanco, entre otros.

2.2.1. Historia del chocolate

El chocolate es un producto originario de México, donde por primera vez se utilizaron semillas de cacao para su elaboración. En la antigüedad (hace más de 2500 años), los mayas y los aztecas cosechaban cacao y lo utilizaban para crear una bebida, “para obtener esta bebida, los aztecas fermentaban las vainas de cacao, las secaban al sol, las tostaban y las prensaban entre dos piedras calientes hasta obtener una pasta aceitosa, oscura y amarga. Luego la licuaban con calor, la edulcoraban con miel y la aromatizaban con vainilla, y así la bebían”. (Varas, 2010)

De acuerdo con Valenzuela (2007), en el año 1520, Hernán Cortés prueba la bebida y se encarga de introducir tanto las habas del cacao como el chocolate en España, a partir de ahí se comienza a producir no solo la bebida caliente y endulzada, sino que se expande su investigación y experimentación por todo Europa, logrando así fabricar las primeras barras o tabletas de chocolate.

En 1815, el químico Van Houten logra aislar el cacao en polvo (cocoa) de la fracción grasa, permitiendo así la creación de la bebida instantánea, mientras que primera tableta de chocolate con leche surgió en 1879, al combinar los inventos de dos suizos: Henri Nestlé y Daniel Peter. “En 1867 Nestlé halló la forma de convertir la leche en polvo mediante evaporación. Peter utilizó la leche en polvo de Nestlé y la mezcló con chocolate¸ así nacieron las tan populares tabletas de chocolate con leche que conocemos hoy en día”. (Sánchez, 2010)

Durante la Revolución Industrial, se genera la producción masiva del chocolate, lo cual conlleva a una disminución de su precio, permitiendo que las personas de diferentes clases sociales puedan adquirirlo. Según Soriano (2010), esta industrialización permite la estandarización de algunos procesos que se manejan actualmente, asimismo, ha incentivado gran cantidad de investigaciones en el mundo del cacao.

2.2.2. Cacao

El cacao, cuyo nombre científico es *Theobroma cacao*, es una planta originaria de América del Sur, específicamente del área amazónica. El fruto es una baya con forma de mazorca y posee de 30 a 50 semillas cubiertas de mucílago y azúcares (Plua, 2008). La pulpa que rodea las semillas aporta de un 40% a un 52% del peso de la semilla madura, contiene de un 78% a un 80% de agua y de 10% a 15% de azúcares (glucosa, fructosa, sacarosa), además de pequeñas cantidades de ácidos, proteínas y otras sustancias; la cantidad de carbohidratos y el pH bajo (3,3 a 4) de esta pulpa favorecen la actividad microbiana, permitiendo así generar las sustancias precursoras del sabor y aroma característicos a chocolate. (Romero y Zambrano, 2012)

2.2.2.1. Composición química y nutricional

El cacao posee aproximadamente 300 compuestos volátiles, entre ellos ésteres, hidrocarbolactonas, monocarbonilos, piroles y otros más. La gran cantidad de estudios realizados en cacao han determinado que los compuestos más influyentes en el sabor son esteres alifáticos, polifenoles, carbonilos aromáticos insaturados, pirazinas y teobromina. Además, Kalvatchev et al (1998) mencionan que “el cacao también contiene cerca de 18% de proteínas (8% digestibles); grasas (manteca de cacao); aminas y alcaloides incluyendo theobromina (0,5 a 2,7%), cafeína (0,25 a 1,43%), tiramina, dopamina, salsolinol, trigonelina, ácido nicotínico y aminoácidos libres; taninos, fosfolípidos, etc”.

En el siguiente tabla, se indica el contenido de macro y micronutrientes, así como la alta cantidad de grasa que posee el grano de cacao, siendo ésta la fracción más importante del fruto para la elaboración de diversos productos.

Tabla 5. Información nutricional de las semillas de cacao

CONTENIDO EN LA SEMILLA DEL CACAO (POR 100 g)	
Calorías	456
Agua	3,6 ml
Proteína	12,0 g
Grasa	46,3 g
Carbohidratos (totales)	34,7 g
Fibra	8,6 g
Glucosa	8-13 g
Sucrosa	0,4-0,9 g
Calcio	106 mg
Fósforo	537 mg
Hierro	3,6 mg
Ácido ascórbico	3,0 mg

Fuente: (Kalvatchev, 1998)

En la industria chocolatera, la manteca de cacao representa uno de los subproductos más representativos, e incluso más costosos, debido a su

funcionalidad, como el brillo a temperatura ambiente y el punto de fusión, debido al tipo de ácidos grasos que posee (Clavijo, 2014, pág. 3). En la manteca de cacao predominan los triglicéridos de ácidos grasos consistentes de ácidos oleico (37,3%), esteárico (34,4%) y palmítico (26,2%) y más de un 73% de los glicéridos están presentes como formas monoinsaturadas. (Bolívar y Salinas 2012)

Como consecuencia de la compleja composición de nutrientes que posee el cacao, el proceso requerido para convertirlo en chocolate comprende varias etapas, cada una de ellas con gran importancia y relevancia en la formación de sabores, aromas y textura finales en el producto.

2.2.3. Etapas en el proceso del chocolate

Cuando el cacao ha llegado al nivel de maduración adecuado, se abre la mazorca y se extraen las semillas para comenzar con el procesamiento del chocolate.

2.2.3.1. Fermentación

Consiste en la degradación de azúcares por acción de diversas enzimas producidas por levaduras y bacterias, con el fin de desarrollar el aroma y el sabor deseado, además de disminuir la amargura y la astringencia. Para fermentar es necesario colocar los granos en un recipiente adecuado y cubrirlos para crear un ambiente casi cerrado, de esta manera, se elimina el mucílago que cubre la semilla y se propicia la muerte del embrión. (Clavijo, 2014)

Existen diferentes maneras de fermentar, según Buchert (2016) una de las mejores técnicas es colocando los granos en cajones de madera cubiertos con hojas de plátano o mantas, pues así se promueve la población microbiana que favorece el proceso. El tiempo de fermentación va a variar según el tipo de cacao (trinitario: 6 – 7 días, forastero: 8-9 días, criollo: 4 – 5 días); además, la masa debe voltearse cada 24 horas a partir del segundo día, manteniendo la temperatura

entre 30 y 55 °C durante todo este proceso. Cuando la semilla está fermentada presenta un color café y se encuentra lista para el secado.

2.2.3.2. Secado

Es la etapa siguiente al proceso de fermentación. En esta etapa se pretende transferir calor para reducir la humedad del grano hasta un 6-8%, y así favorecer el aroma y el sabor a chocolate (González et al, 2012). Las semillas deben secarse al sol preferiblemente, evitando exponerlas al calor del mediodía, ya que los granos pueden secarse sólo superficialmente (“sellarse”), lo cual incentiva la proliferación microbiana en el interior de la semilla; la temperatura no debe superar los 65 °C en cualquier tipo de secado. (Clavijo, 2014)

Buchert (2016) menciona que para el secado al sol se colocan los granos de cacao en camillas o marquesinas. El proceso puede tardar una semana, en promedio; además, es necesario mover frecuentemente la masa. Si el clima del lugar es muy húmedo, se puede complementar con secado artificial (secadores mecánicos). El punto de secado se conoce cuando el grano está crujiente, de esta manera, podrá tostarse.

2.2.3.3. Tostado

El objetivo, según Clavijo (2014), es disminuir la dureza del grano (eliminar humedad) para facilitar la trituración y la remoción de la cascarilla, además de mejorar el aroma y sabor, ya que fomenta el desarrollo de los compuestos de carácter aromático, principalmente compuestos carbonílicos y heterocíclicos, característicos del chocolate. De acuerdo con González et al (2012), el nivel de tostado muestra una relación tiempo / temperatura dependiente, durante periodos de 5-120 minutos y en el rango de 120-150°C y se realiza en comales o en tostadoras similares a las del café.

2.2.3.4. Descascarado

En esta etapa se tritura la semilla de cacao en fracciones de diferente tamaño, con el fin de eliminar la cascarilla (no comestible) para obtener los ““nibs”” (trozos de la semilla de cacao). Para ello, se utiliza una descascarilladora que tritura los granos, procurando una pérdida mínima de ““nibs””. (Severiche, 2008)

2.2.3.5. Molienda

En esta operación se pretende reducir el tamaño de los “nibs” por medio de la fricción. Por su alto porcentaje de grasa (50% aproximadamente) y por el calor producido por la fricción, se obtiene una masa o pasta fina y homogénea llamada licor de cacao. (Plúa, 2008)

2.2.3.6. Prensado

Buchert (2016) indica que el objetivo del prensado es separar el licor de cacao en manteca de cacao y sólidos de cacao o cocoa. Esta etapa no es estrictamente necesaria para fabricar chocolates, sin embargo, es un proceso que beneficia a la industria de alimentos y cosméticos. (Severiche, 2008)

2.2.3.7. Conchado

Durante el conchado se coloca el licor de cacao y los demás ingredientes en una conchadora; este equipo cumple con la función de disminuir el tamaño de las partículas y de cubrir de grasa cada partícula de azúcar, vainilla, sólidos lácteos u otro ingrediente, mejorando la textura en boca del chocolate (Buchert, 2016). Según Jácome (2015), el conchado también homogeniza la mezcla y disminuye su viscosidad, incluso propicia un mejor sabor, ya que salen todos los ácidos volátiles que quedan del grano.

2.2.3.8. Temperado

Chong (2014) menciona: “El temperado de chocolate es una técnica utilizada para que se pueda utilizar el chocolate en diferentes decoraciones así como bombones de chocolate y éstas tengan brillo y se puedan cristalizar”. La manteca de cacao cuenta con seis diferentes formas de cristal, los cuales difieren en puntos de fusión, densidades y formas de enlazarse. Durante el temperado se desea lograr la formación del cristal β (V), para así obtener la estabilidad, brillo y dureza que se desea en un chocolate. De acuerdo con Jácome (2015), se consigue con una curva de temperatura en tres pasos:

1) Fusión el chocolate para romper todos los enlaces (45-50 °C).
2) Cristalización o *Shock* de temperatura (26-27 °C). Se disminuye la temperatura y se agita para formar cristales (lo más pequeños posibles para lograr uniformidad).
3) Aumento de la temperatura (29-31 °C) para eliminar los cristales I, II, III, IV que queden, pero que permita que los cristales más estables (V y VI) permanezcan. A este último punto se le llama atemperado (Censalud, s.f.)

La duración del temperado depende de la cantidad de chocolate que se desea temperar. Buchert (2016) indica que puede realizarse manualmente, utilizando una mesa de mármol, o bien, sembrado chocolate; éste último consiste en derretir el chocolate y agregar poco a poco trocitos de chocolate previamente temperado (semillas de chocolate), de esta manera, se siembran los cristales. Además, existen máquinas automáticas para temperar.

2.2.3.9. Moldeado

En el proceso del moldeado se vierte el chocolate líquido en moldes con el fin de darle forma. Los moldes pueden ser plástico, silicón, policarbonato o metal; los más utilizados son los de policarbonato. (Buchert, 2016)

2.2.3.10. Refrigeración y almacenamiento

La etapa de refrigeración es fundamental para cristalizar el chocolate, la temperatura debe estar entre 4 a 8 °C, preferiblemente. El tiempo de refrigeración dependerá del tamaño de la pieza. Una vez sólido, se empaca y se almacena a temperatura ambiente. (Buchert, 2016)

2.2.4. Derivados del cacao

Durante el procesamiento del cacao se obtienen diferentes productos, uno de los más representativos en la industria chocolatera es el licor de cacao, como anteriormente se mencionó, es obtenido después de la etapa de molienda y es el ingrediente principal en la elaboración de chocolates.

2.2.4.1. Cacao en pasta (licor de cacao/chocolate)

Según Guerrero (2006), el licor o pasta de cacao “es una pasta de color café que se obtiene de la molienda del grano tostado, sin adicionar o extraer ninguno de sus componentes, al cual previamente se le han eliminado las impurezas y la cascarilla”. El licor de cacao mantiene todo el contenido graso, el cual puede ser removido mediante una operación de prensado obteniendo dos subproductos: la manteca de cacao y la torta de cacao.

2.2.4.2. Manteca de cacao

La manteca de cacao es la grasa que se extrae, ya sea de granos de cacao, licor de cacao, torta de cacao e incluso aquella extraída mediante procesos mecánicos y/o por la vía de solventes permitidos de la torta de cacao o cocoa. (Clavijo, 2014)

2.2.4.3. Torta de cacao o cocoa

El Codex Stan 141-1983 (2014) define la torta de cacao como “el producto obtenido por eliminación completa o parcial de la grasa del cacao sin cáscara ni germen o del cacao en pasta”. También se le llama cocoa y es ampliamente usado en la industria alimentaria.

Debido a la variedad de subproductos del cacao, la industria de alimentos ha logrado desarrollar una multiplicidad de productos, incluyendo aquellos análogos o sucedáneos de chocolate.

2.2.5. Sucedáneos de chocolate

Un sucedáneo de chocolate es el producto que imita al chocolate y se obtiene al sustituir parcial o totalmente la manteca de cacao por otras grasas de origen vegetal, en proporciones que varían de acuerdo con los demás ingredientes que componen el producto. Normalmente están compuestos por azúcar, cacao en polvo, aceites vegetales y emulsificantes (Celi y Veloz, 2014). Buchert (2016) explica que al reemplazar esta materia prima el procedimiento de elaboración no es exactamente igual al que se requiere para elaborar un chocolate, incluso resulta más sencillo, ya que en algunas ocasiones no hay necesidad de la etapa de temperado por la naturaleza de las grasas.

2.2.6. Características sensoriales del chocolate

Los factores que influyen en la calidad de un chocolate pueden presentarse tanto en materias primas como en el proceso y/o la formulación del producto, ya sean características del cacao (tipo, zona de cultivo, época de cosecha, entre otras), tipo y tiempo de fermentación, procesamiento del chocolate, entre otros. (Sukha, 2016)

La calidad organoléptica de cada chocolate puede medirse o definirse analizando varios parámetros sensoriales; según González et al (2012), los más utilizados para una barra de chocolate son el aspecto, el olor, la textura y el sabor.

Cada característica es evaluada mediante conceptos que definen la calidad organoléptica del chocolate, incluyendo los defectos presentes. Estas evaluaciones se llevan a cabo mediante herramientas de análisis sensorial, permitiendo así la aceptabilidad del producto y, a la vez, su consumo.

2.3. Análisis Sensoriales

La calidad de un alimento se analiza a través de los órganos de los sentidos y el análisis sensorial se correlaciona con los hábitos alimenticios, con el análisis fisicoquímico y con los problemas de aceptación y rechazo por el consumidor. Por ello una de las definiciones que se han establecido para el concepto de análisis sensorial es la “disciplina científica utilizada para evocar, medir, analizar e interpretar las reacciones a aquellas características de alimentos y otras sustancias que son percibidas por los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído” (Ramírez, 2012). Los instrumentos del laboratorio pueden medir casi todos los atributos de los alimentos pero los instrumentos no proporcionan información sobre la aceptación de los productos por parte de los consumidores. Las técnicas de análisis sensorial se utilizan para realizar medidas que no se pueden realizar directamente mediante análisis físicos o químicos.

Una evaluación sensorial cumple con diversos objetivos, por ejemplo, la determinación de la sensación que experimenta el consumidor con el producto en estudio, de esta manera se mide el nivel de agrado y preferencia, mediante una evaluación de las diferentes características organolépticas. Para ello, se puede utilizar una prueba afectiva de análisis sensorial.

2.3.1. Pruebas Afectivas

Hernández (2005) define las pruebas afectivas como “pruebas en donde el panelista expresa el nivel de agrado, aceptación y preferencia de un producto alimenticio”. Estas pruebas pueden ser de preferencia, satisfacción o aceptación de un alimento, sin embargo, puede plantearse un estudio que no solo indique la preferencia del consumidor por un producto alimenticio, sino que este sea capaz de indicar si acepta el producto y si está dispuesto a consumirlo.

2.3.1.1. Prueba hedónica o de satisfacción

De acuerdo con González et al (2014), en este tipo de pruebas se le pide al con
sumidor que valore el grado de satisfacción que le produce un alimento, utilizando una escala de evaluación. Estas pruebas resultan muy efectivas en el diseño de productos y cada vez son más utilizadas, ya que son los consumidores quienes, en última instancia, definen el éxito o fracaso del producto.

Por medio de estas pruebas, se logra recolectar información que pueda someterse a análisis estadísticos capaces de mostrar datos confiables respecto al resultado obtenido. (Ramírez, 2012)

Este tipo de análisis suele ser muy útil para determinar el comportamiento de un producto en el mercado, sin embargo, se requieren de otros tipos de análisis que permitan informar ampliamente al consumidor, así como al productor, pues pueden revelar muchos aspectos de interés para el proceso de fabricación; un ejemplo de estos es el análisis proximal.

2.4. Análisis proximal

El análisis proximal o análisis bromatológico, también llamado análisis proximales de Weende, es un método general de análisis en alimentos que se

realiza para determinar el contenido de los componentes más abundantes en los alimentos: agua (humedad), grasas, proteínas, cenizas, fibra y carbohidratos. (Ramírez, 2008)

Cada uno de estos componentes se analiza mediante diferentes técnicas de laboratorio, normalmente metodologías químicas oficiales, establecidas por la AOAC Internacional (Asociación de Químicos Analíticos Oficiales) por ejemplo, o métodos propios de cada laboratorio. “La técnica seleccionada dependerá de la propiedad que sea medida, del tipo de alimento a analizar y la razón de llevar a cabo el análisis”. (Díaz, 2017)

2.5. Perfil de ácidos grasos

Los ácidos grasos son los principales constituyentes de los triglicéridos y estos normalmente son los componentes mayoritarios en los aceites y las grasas. Cumplen una importante función nutricional, además, en algunos alimentos definen características organolépticas, contribuyendo al sabor, color, aroma y textura (Pacheco, 2012). En la fabricación de chocolates específicamente, conocer el perfil de ácidos grasos de la manteca de cacao es fundamental, ya que estos definen la formación y estabilidad del chocolate, así como el brillo, la homogeneidad, el punto de fusión, y otros atributos. (Montoya, 2003)

La importancia de analizar la composición química de los alimentos se debe a que permite una mejor noción de la calidad del producto, tanto en términos nutricionales, como en vida útil, pureza, entre otros. Además, puede definirse una relación con características propias de los alimentos, como los atributos funcionales y sensoriales.

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo de Investigación

Existen muchas maneras de clasificar una investigación, sin embargo, una de las principales razones de este estudio es poder comprobar, mediante el diseño teórico y experimental, el aprovechamiento que se le puede dar a una fruta de temporada, y así contribuir el ámbito socioeconómico, ambiental, académico, entre otros. Según Sabino (1992), la investigación según sus objetivos, se refiere a la utilidad que, fuera del ámbito estrictamente científico, va a tener las conclusiones del estudio. Este autor dice que “tal es el caso de cualquier estudio que se proponga evaluar los recursos humanos o naturales con que cuenta una región para lograr su mejor aprovechamiento”. Por lo tanto, de acuerdo con esta clasificación, la presente investigación es de carácter aplicada, la cual procura fines directos e inmediatos.

Además, según el estado del conocimiento y el alcance de los resultados, la investigación se clasifica de tipo exploratoria, ya que “se abordan campos poco conocidos donde el problema, que sólo se vislumbra, necesita ser aclarado y delimitado” (Jiménez, 1998). Estos estudios generalmente requieren amplias revisiones de literatura y consultas con especialistas. Los resultados de estas investigaciones suelen delimitar uno o varios problemas científicos en el campo que se investiga, el cual demanda un estudio posterior.

3.2. Fuentes de información

Para la búsqueda de información se realizaron consultas en diversas fuentes como: artículos científicos de diferentes universidades y revistas, libros, trabajos finales de graduación, reportes del MAG, entrevistas personales con el personal de una finca procesadora de cacao y la Chocolatería Estukurú, estas últimas se emplearon como modelos para el proceso; además se tomaron encuestas a

estudiantes de la UTN sede de Atenas para la evaluación sensorial. Se acudió a un laboratorio de bromatología para el análisis proximal y perfil de ácidos grasos.

3.3. Instrumentos y técnicas de recolección de datos

El fundamento teórico permite sostener las bases del proyecto en la similitud de características de composición química en las semillas cacao y rambután, por lo tanto, se planteó elaborar un sustituto de licor de cacao a partir de semillas fermentadas de rambután y una muestra control, siguiendo cada una de las etapas del procedimiento de chocolate establecidas en una finca procesadora de cacao y la Chocolatería Estukurú. Para procesar las semillas de rambután se realizaron tres ensayos de preparación del sustituto de licor de cacao, y a la vez, tres productos tipo chocolate utilizando este producto.

Se tomaron muestras de los SLCBSR obtenidos en las terceras pruebas y licor de cacao de la variedad CCN-51 perteneciente a la Chocolatería Estukurú, para realizar el análisis proximal y perfil de ácidos grasos, y poder comparar su similitud. Los productos elaborados con SLCBSR se analizaron sensorialmente mediante una prueba hedónica al consumidor.

3.3.1. Pruebas preliminares

Con el fin de determinar la influencia de la fermentación en las características superficiales del producto, se realizaron dos ensayos del proceso. En estas primeras pruebas de preparación, se aplicaron tres tratamientos diferentes en las semillas de rambután, T1, T2 y T3, los cuales corresponden a tiempos de fermentación de 7, 11 y 15 días, respectivamente, además se realizó un tratamiento control T0, el cual no fue sometido a fermentación, pues se eliminó la pulpa y se procesó solamente la semilla a partir de la etapa de secado. Concluida la etapa de fermentación, se realizó el secado, tostado, descascarillado, molienda, conchado, temperado y moldeado para determinar el comportamiento funcional

del rambután en cada una de las etapas. De acuerdo con los resultados obtenidos en estas primeras pruebas, se repitieron los procesos aplicando los tratamientos T1, T2 y T0 y los procesos posteriores para la obtención del producto.

3.3.2. Período y ubicación donde se desarrolla la investigación

La investigación se desarrolla a partir de enero del 2017 iniciando con la recopilación de la teoría. Las pruebas experimentales se realizaron tres veces, las primeras y segundas pruebas (preliminares) se llevaron a cabo entre agosto y octubre del 2017 y diciembre 2017 y enero del 2018, respectivamente. Las terceras pruebas se aplicaron entre marzo y abril del 2018.

Estos ensayos se realizaron en distintos sectores para adaptar el volumen de las muestras a los equipos adecuados. La primera y segunda operación unitaria, que corresponde al fermentado y secado respectivamente, se realizaron en Venecia de San Carlos. Las siguientes etapas de elaboración (tostado, descascarillado, molienda, conchado, temperado y moldeado) de los sustitutos de licor de cacao y los productos tipo chocolate se llevaron a cabo en la Chocolatería Estukurú ubicada en Fortuna de San Carlos, esto debido a la capacidad idónea de sus equipos (nivel de laboratorio).

Las mediciones para el análisis proximal y perfil de ácidos grasos de los SLCBSR y el licor de cacao se efectuaron en un laboratorio de bromatología. Por otro lado, la evaluación sensorial para la determinación de agrado y preferencia del producto por parte de los consumidores, se llevó a cabo en la UTN de Atenas con la participación de estudiantes y docentes de la institución.

3.3.3. Materia prima

a) El rambután utilizado fue de la variedad R67, procedente de las zonas de Sarapiquí y Paso Canoas. Se procesaron 200 kilogramos de fruta fresca

para las primeras pruebas, 45 kilogramos para las segundas pruebas y 45 kilogramos para las últimas pruebas.

b) La manteca de cacao para la formulación de los productos tipo chocolate se adquirió en la chocolatería Estukurú.
c) Se utilizó azúcar blanca marca Doña María, del fabricante LAICA.

3.3.4. Materiales y Equipos

Para cada etapa del proceso de elaboración del SLCBSR y los productos tipo chocolate, se utilizaron los materiales y equipos mencionados en la siguiente tabla.

Tabla 6. Materiales y equipos utilizados en el proceso de elaboración de los SLCBSR y productos tipo chocolate

Etapa del proceso	Materiales y/o equipos	Equipos de medición
Fermentación	-Cajones de madera (cebo) 30 cm x 30 cm x 30 cm -Hojas de plátano -Paleta de madera	-Termómetro digital -pHímetro
Secado	-Camillas para secado con base de cedazo -Deshidratador Marca Nesco	-Balanza de humedad
Tostado	-Tostador marca Cocoatown	No aplica
Descascarillado	No aplica	No aplica
Molienda	-Molino de cuchillas marca Retsch, modelo GRINDOMIX GM200 -Tazones de acero inoxidable	No aplica
Conchado	-Balanza granataria -Conchadora/refinadora marca Cocoatown, modelo ECGC12SLTA -Tazones de acero	No aplica

	inoxidable -Paletas de goma	
Temperado	-Tazones de vidrio y plástico -Microondas -Mesa de mármol -Paletas de goma	-Termómetro digital
Moldeado	Moldes de policarbonato Refrigerador	No aplica

Fuente: Elaboración propia

Además, se utilizó una balanza granataria para pesar la fruta fresca y el sustituto de licor de cacao. En el caso de las semillas del tratamiento T1, se utilizó un congelador para almacenarlas mientras se completaba la etapa de fermentación del tratamiento T2.

3.4. Procedimientos metodológicos de la investigación

Se definieron cada una de las etapas de elaboración del SLCBSR y los productos tipo chocolate, tomando como base el proceso establecido en una finca procesadora de cacao y la Chocolatería Estukurú.

3.4.1. Descripción del proceso

Como consideración previa, la fruta se seleccionó desechando la que no estaba en buenas condiciones. Se eliminó la cáscara de forma manual con la ayuda de cuchillos, una vez pelada la fruta se procedió a la fermentación.

3.4.1.1. Fermentación

La primera etapa consistió en un proceso de fermentación. Se colocó la fruta sin cáscara en cajones de madera; se utilizó un cajón para cada tratamiento (T1,

T2). Una vez la fruta colocada dentro de los cajones, se cubrió con hojas de plátano. La fruta se dejó reposar y cumplidas las primeras 48 horas se agitó con una paleta de madera, a partir de ahí la agitación se realizó cada 24 horas. Este proceso de agitación, según el procedimiento en la finca procesadora de cacao, debe cumplir un total de 7 días y cubrirse con la hoja de plátano después de cada movida. Para efectos de esta investigación, la frecuencia de agitación para el tratamiento T2 se realizó de la misma manera hasta cumplir los 11 días.

Se observaron características cualitativas como su apariencia externa y aroma, además se tomaron mediciones la temperatura, pH y porcentaje de sólidos solubles diariamente, así como al final de los tratamientos.

Una vez finalizadas las fermentaciones se pasan a la etapa de secado. El tratamiento T1, al haber finalizado antes, se empacó en bolsas de plástico y se almacenó en congelación, con el objetivo de detener cualquier actividad microbiana que generara cambios en la fruta.

3.4.1.2. Secado

En la finca procesadora de cacao el secado se realiza en un equipo especializado para dicho fin, cuya función se concreta a través de vapor caliente hasta alcanzar un porcentaje de humedad en la semilla de 6-8 %.

Para el proceso de adaptación de secado, se colocaron las semillas de los tratamientos T0, T1 y T2 en un camastro artesanal construido a base de madera y cedazo en la base. Se expuso al sol en horas de la mañana (7 am a 10 am) y por la tarde de (2 pm a 5 pm), durante 4 días. Estas camillas se mantuvieron bajo techo en el tiempo que no se exponía al sol. Una vez finalizada, se empacaron las semillas en bolsas de plástico y se transportaron a la chocolatería en Fortuna de San Carlos.

Además, se acudió al secado artificial, ya que las condiciones climáticas desfavorecían el proceso. Sin embargo, se analizó el porcentaje de humedad

como indicador de la finalización del secado. El análisis del porcentaje de humedad se realizó por medio de una balanza de humedad, en el laboratorio de química de la UTN sede Atenas.

3.4.1.3. Tostado

El tostado que se realiza en la finca de cacao se lleva a cabo mediante un equipo especializado, que posee un cilindro donde giran las semillas, la temperatura aplicada es de 112-116 °C, la duración del proceso depende de la cantidad del producto. Para la investigación, este procedimiento, así como las etapas posteriores, se efectuaron en las instalaciones de la Chocolatería Estukurú. Se utilizó un tostador de cacao, con una temperatura de 130-135 °C, la duración fue distinta para cada tratamiento, la manera de determinar su finalización fue tomando una muestra y midiendo su crujencia al romper la semilla con los dientes, esto con la ayuda de las encargadas del proceso de chocolates en la Chocolatería Estukurú.

3.4.1.4. Descascarillado

El equipo utilizado en la finca procesadora de cacao es un descascarillador industrial que separa la delgada cáscara del “nibs” de cacao, quebrando la semilla. Para las pruebas de rambután, se descascarilló manualmente. Las semillas se transportan al laboratorio de bromatología para realizar la etapa de molienda.

3.4.1.5. Molienda

El molino utilizado en la finca de cacao consiste en una tolva donde se agregan los “nibs” de cacao, los cuales pasan por rodillos trituradores hasta obtener la pasta de cacao. Este procedimiento se realizó utilizando un molino de cuchillas, hasta obtener el sustituto de licor de cacao.

A continuación, se presenta una ilustración con el diagrama de flujo para la obtención del sustituto de licor de cacao a base de rambután.

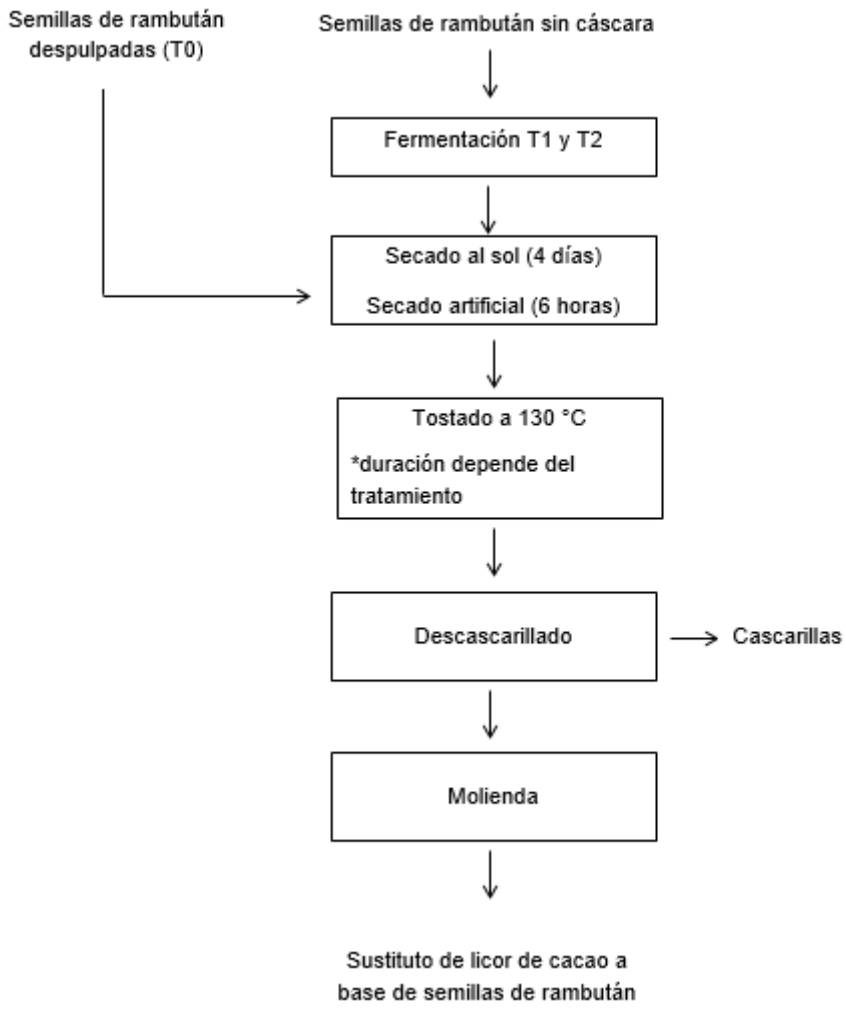


Ilustración 1. Diagrama de flujo de pasta de rambután

Fuente: Elaboración propia

Al finalizar esta etapa del proceso, se tomaron muestras del sustituto de licor de cacao a base de semillas de rambután para realizar el análisis proximal y el perfil de ácidos grasos, descritos en las secciones 4.4.2 y 4.4.3, respectivamente.

3.4.1.6. Refinado - Conchado

Una vez obtenido el sustituto de licor de cacao, se procedió con las etapas de refinado y conchado. En la finca de cacao se utiliza una conchadora industrial, de capacidad de 270 Kg; en este equipo se agrega el licor de cacao y los demás ingredientes que componen al chocolate, el tiempo requerido para un batch completo es de 50 horas.

Para estas pruebas, se utilizó un equipo capaz de refinar y conchar simultáneamente. En esta etapa se mezcló el sustituto de licor de cacao a base de rambután, con manteca de cacao y azúcar para obtener productos tipo chocolate. La formulación utilizada fue la misma para todos los productos tipo chocolate, mientras que el tiempo de conchado fue de 5 horas.

3.4.1.7. Temperado

El temperado de los productos tipo chocolate se realizó en tres pasos:

1) Se colocó la mezcla en tazones de vidrio o plástico y utilizando el microondas se llevó a una temperatura de 50 °C.
2) Una parte de la mezcla se llevó a la mesa de mármol para enfriarla, la temperatura alcanzada varió De acuerdo con los distintos tratamientos.
3) Por último, una vez enfriada la pasta en la mesa de mármol, se incorporó al tazón que contenía el resto de la mezcla, esto con el fin de subir la temperatura.

Las temperaturas alcanzadas fueron distintas para cada mezcla, dependiendo del tratamiento T0, T1 o T2.

3.4.1.8. Moldeado y Refrigeración

Se utilizaron moldes de policarbonato. Una vez moldeados los productos tipo chocolate, se almacenaron en una refrigeradora (a 4-5 °C) hasta que solidificaran y poder desmoldarlas. El peso de cada muestra fue de 1 g aproximadamente.

El siguiente diagrama de flujo se refiere a la elaboración de los productos tipo chocolate a partir del sustituto de licor de cacao.

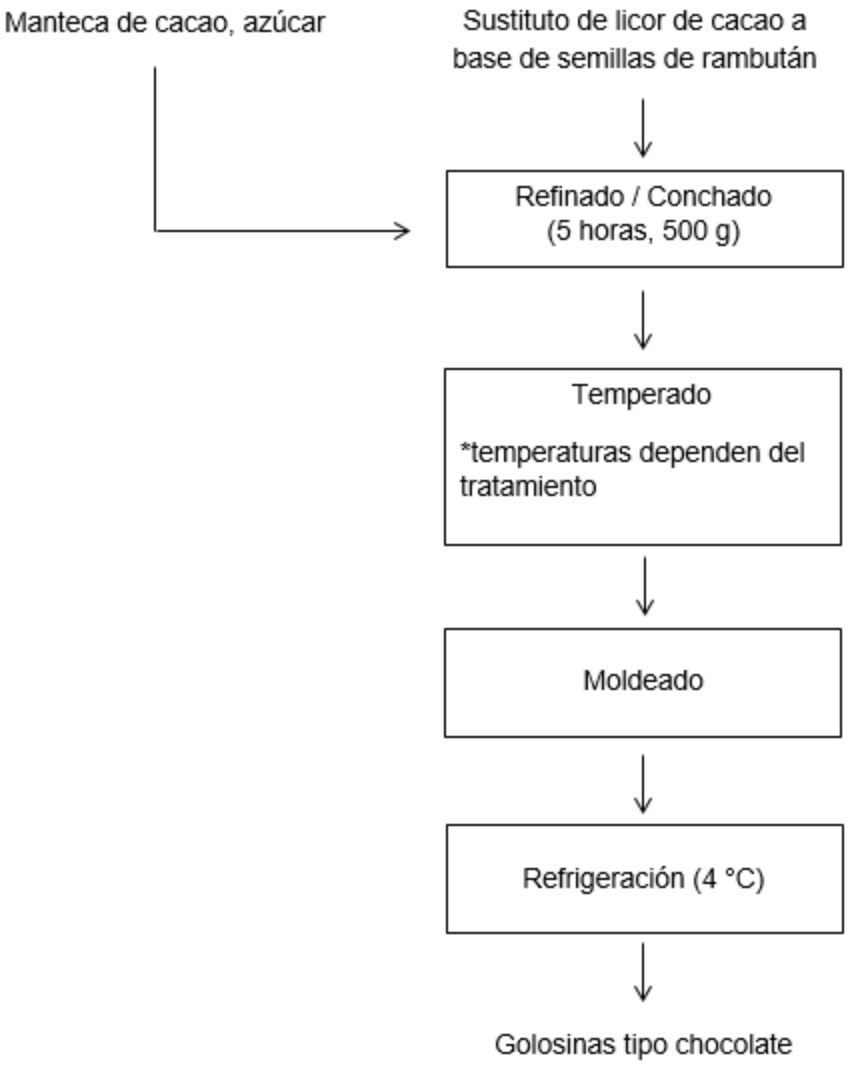


Ilustración 2. Diagrama de flujo de productos tipo chocolate con sustituto de licor de cacao a base de semillas de rambután

Fuente: Elaboración propia

El producto obtenido se mantuvo en condiciones de refrigeración para transportarlos hasta el sitio de aplicación de la prueba sensorial. Cada unidad de 1 gramo se empacó en pequeñas bolsas de plástico, las cuales fueron identificadas con códigos para su evaluación correspondiente.

3.4.2. Análisis proximal y perfil de ácidos grasos

Para determinar el contenido de proteínas, grasas, carbohidratos, humedad y cenizas, se tomaron muestras de cada uno los sustitutos de licor de cacao a base de semillas de rambután, obtenidos con la aplicación de los tres tratamientos de fermentación T0, T1 y T2, además, se analizó una muestra de licor de cacao variedad CCN51 adquirida en la chocolatería Estukurú. Estas muestras se llevaron al laboratorio de bromatología para el análisis correspondiente.

Cada muestra se analizó por triplicado, obteniendo un promedio y desviación estándar para cada componente. Los métodos o técnicas utilizadas para el análisis proximal se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 7. Análisis proximal realizado a los sustitutos de licor de cacao a base de semillas de rambután, obtenidos con la aplicación de los tratamientos de fermentación T0, T1 y T2.

Análisis	Método utilizado
Contenido de proteínas	Técnica Dumas, empleando equipo TruMac
Contenido de grasas	Procedimiento Oficial para la determinación de grasa cruda - AOCS Am 5-04, utilizando extractor de grasa ANKOM XT10 y una mezcla 50:50 de éter etílico: éter de petróleo, como disolventes.
Contenido de humedad	Método desarrollado por el laboratorio, utilizando el analizador termogravimétrico TGA701.
Contenido de cenizas	Método desarrollado por el laboratorio, utilizando el analizador termogravimétrico TGA701.
Contenido de carbohidratos	Se determinó por diferencia: 100 – (% proteína + % grasa + % humedad + % cenizas)

Fuente: Elaboración propia

La determinación de perfil de ácidos grasos en el licor de cacao y en los SLCBSR de T1, T2 y T0 se realizó por cromatografía de gases, mediante el método ISO 5509:2000, por duplicado. Los cromatogramas se observan en los anexos 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9.

3.4.3. Evaluación sensorial

La aplicación de la prueba hedónica al consumidor se realizó con la participación de 93 personas (estudiantes y docentes de la UTN de Atenas), quienes probaron las muestras entregadas y completaron la hoja de evaluación correspondiente (ver anexo 1). Se generaron códigos con 3 dígitos aleatorios, con el fin de identificar cada una de las muestras y evitar el sesgo de la evaluación. Se

evaluó el agrado y la preferencia de los diferentes productos tipo chocolate elaboradas con el SLCBSR, obtenido en los tratamientos T0, T1 y T2, utilizando una escala de nueve puntos, tal como se muestra en la siguiente ilustración.

Puntaje	Categoría	
		*Aplica para el último atributo
1	Me disgusta extremadamente	Extremadamente diferente
2	Me disgusta mucho	Muy diferente
3	Me disgusta moderadamente	Moderadamente diferente
4	Me disgusta levemente	Levemente diferente
5	No me gusta ni me disgusta	Indiferente
6	Me gusta levemente	Levemente parecido
7	Me gusta moderadamente	Moderadamente parecido
8	Me gusta mucho	Muy parecido
9	Me gusta extremadamente	Extremadamente parecido

Código	Calificación para cada atributo				
	Sabor	Aroma	Color	Textura	*Parecido al chocolate

Ilustración 3. Escala de nueve puntos aplicada en la evaluación sensorial de los productos tipo chocolate

Fuente: Elaboración propia

En esta escala se evaluaron los atributos de sabor, aroma, color y textura de las tres muestras de los productos tipo chocolate, además, un atributo denominado “parecido al chocolate”. Todos los atributos se calificaron con un puntaje del 1 al 9, tomando en cuenta la categoría para cada valor, tal como se observa en la ilustración 3.

Se realizó el análisis de los datos obtenidos en la evaluación sensorial de los productos tipo chocolate elaborados con los tres SLCBSR (T1, T2 y T0), mediante la herramienta ANOVA (análisis de varianza), con el fin de verificar si existen o no diferencias significativas entre los promedios de cada uno de los atributos, este análisis se realizó con un nivel de confianza del 95%.

Además, se analizó el resultado de los distintos promedios obtenidos para cada atributo por medio de una gráfica de intervalos, con el fin de identificar cuál tipo de tratamiento de SLCBSR aplicado en los productos tipo chocolate obtuvo más aceptación por parte de los evaluadores. Se contemplaron los valores de las desviaciones estándar para poder analizar los porcentajes con incertidumbres aceptables.

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. Descripción del comportamiento funcional del rambután como sustituto de licor de cacao, aplicando dos tratamientos de fermentación y cada una de las etapas del procedimiento tradicional del cacao para la obtención de chocolate

Para la obtención de un sustituto de cacao a base de semillas de rambután y la elaboración de productos tipo chocolate utilizando este sustituto, se aplicaron distintos tratamientos, en los cuales se evaluaron tiempos de fermentación y un tratamiento control (sin fermentar), con el objetivo de determinar cuál de ellos era el más indicado para obtener un SLCBSR que presentara las características más favorables en un producto tipo chocolate.

Portillo *et al* (2006), citado por Carrillo (2011), indican que la fermentación es la etapa más importante en el beneficio de cacao, además, Rivera *et. al.* (2012) mencionan que los granos de cacao con las mejores características de calidad se obtienen con mayor cantidad de días de fermentación. De acuerdo con esto y a que la cantidad de pulpa del rambután es mayor que la del cacao, se evaluaron tiempos de fermentación más extensos que los aplicados normalmente en el cacao, en el cual se aplican 7 días de fermentación como máximo, dependiendo de la variedad. (Lambert, s.f.)

Se llevaron a cabo dos pruebas preliminares para observar el comportamiento del rambután en cada etapa del proceso y así adaptar las condiciones más idóneas de acuerdo con los resultados obtenidos. En estas pruebas se decidió descartar la aplicación del tratamiento T3 (15 días de fermentación), ya que en los últimos 3 días de fermentación el olor de las semillas era ácido y desagradable. Carrillo (2011) dice que “Adriazola (2003) menciona que mantener demasiado tiempo la fermentación no es conveniente por el exceso de ácido acético que confiere un sabor agrio al chocolate”. De acuerdo con esto, podría atribuirse el aroma a vinagre al exceso de ácido acético.

Además, las condiciones climáticas para el período de fermentación y secado de esas primeras pruebas no favorecieron el procesamiento de las semillas, debido a que no alcanzaron el porcentaje de humedad óptimo para la etapa de tostado, lo cual provocó que las semillas se tostaran por tiempos prolongados y muy diferentes entre sí para poder disminuir aún más la humedad, ocasionando sabores, aromas y texturas indeseables y no uniformes.

En el caso de las segundas pruebas, se logró recolectar solamente 30 kilogramos de fruta fresca, ya que no era época de cosecha de rambután, por lo tanto, no se pudo obtener la cantidad necesaria de SLCBSR para preparar las productos tipo chocolate suficientes para las evaluaciones sensoriales y fisicoquímicas.

Durante el tercer ensayo se procesaron 15 kilogramos de rambután para cada tratamiento y se observaron los resultados de cada etapa del procedimiento para la obtención de SLCBSR. Para ello se aplicaron los tratamientos T0, T1 y T2.

4.1.1. Fermentación

Para describir el comportamiento del rambután durante la fermentación, se tomaron en cuenta características de apariencia externa y aroma durante todos los días de los diferentes tratamientos. Además, presentan los resultados de las mediciones de temperatura, sólidos solubles y pH tomadas cada 24 horas, para comparar su similitud con cacao.

Para iniciar, se colocaron 8 kilogramos de semillas de rambután en cada cajón de madera y se cubrieron con hojas de plátano, tal como se muestra en la siguiente figura.

Ilustración 4. Inicio de fermentación del rambután

Fuente: Elaboración propia

Al igual como sucede en el cacao, durante las primeras 48 horas se mantuvieron las semillas cubiertas, con el fin de favorecer primera etapa de la fermentación que corresponde a la fase anaeróbica, también llamada fermentación alcohólica. En la fermentación del cacao, esta fase es iniciada bajo condiciones anaeróbicas y pH bajo, por levaduras, principalmente del género *Sacharomyces sp.*, que actúan sobre los azúcares de la pulpa para transformarlos en alcohol etílico (Teneda, 2016 y Carrillo, 2011). Durante estas 48 horas, se percibió olor a alcohol, lo cual se explica por la producción de esta sustancia durante la primera fase (Echeverri, 2013), además, la pulpa se deshace y se escurre el líquido de la fruta, permitiendo así la circulación del aire (Lambert, s.f.). En la siguiente ilustración, se observa el líquido remanente durante las primeras 24 horas de fermentación del rambután.

Ilustración 5. Liquido remante a las 24 horas de fermentación del rambután

Fuente: Elaboración propia

Según Rohsius (2013), el exudado (líquido remanente) durante la fermentación del cacao se drena durante los dos o tres primeros días, sin embargo, en la fermentación del rambután se evidenció este exudado hasta el quinto día. De acuerdo con Vargas (2003), el porcentaje de agua presente en la pulpa de rambután es de 80% aproximadamente, una proporción similar a la humedad de la pulpa de cacao; no obstante, el rambután posee mayor cantidad de pulpa que el cacao, lo cual justifica que haya mayor cantidad de este líquido.

Con respecto a la apariencia externa, en la ilustración 3 se mostró que al inicio de la fermentación el color de las semillas presentaban un color blanco, propio de la fruta fresca. Durante las primeras 48 horas de esta etapa, las semillas tomaron un color más oscuro, tal como se muestra en la siguiente ilustración.

a) b)

Ilustración 6. Semillas de rambután durante las primeras 48 horas de fermentación. a) Día 1. b) Día 2

Fuente: Elaboración propia

A diferencia del cacao que, durante la fermentación adquiere tonos marrones, la pulpa del rambután tomó estas tonalidades más lentamente, mostrando en las primeras 48 horas tonos crema e incluso rosados. En la siguiente ilustración, se aprecia el color de las semillas de cacao durante el proceso de fermentación en los dos primeros días.

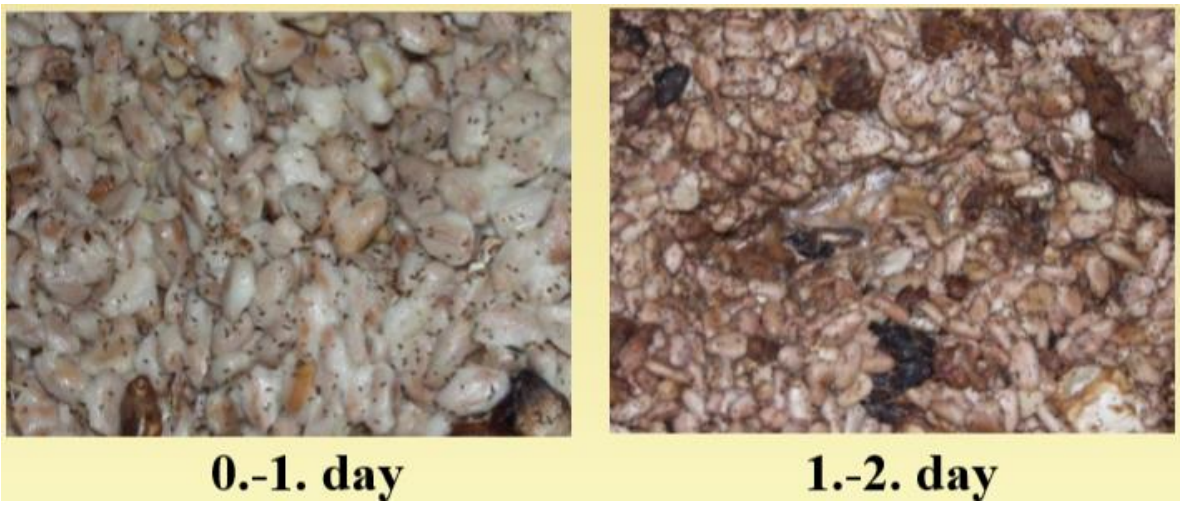


Ilustración 7. Granos de cacao durante las primeras 48 horas de fermentación

Fuente: (Rohsius, 2012)

Si bien, tanto el cacao como el rambután poseen una pulpa blanca, su proporción es más abundante en el rambután, lo cual podría ocasionar que el proceso de degradación sea más lento y resulte una coloración menos oscura que en las semillas de cacao al mismo tiempo de fermentación. Además, el color interno de las semillas de ambas frutas es muy diferente, lo cual podría tomarse como otro factor de la diferencia en apariencia externa.

Ilustración 8. Comparación entre las semillas frescas de cacao y rambután

Esta ilustración muestra el color púrpura de las semillas de cacao, mientras que las semillas de rambután son pálidas. Además, se aprecia la diferencia en el grosor de la pulpa, lo cual puede influenciar significativamente en el proceso fermentativo.

Después de las 48 horas de fermentación y con el volteo de las semillas, según Lambert (s.f.) y Pérez (2011), inicia la fase aeróbica, pues en este momento se permite la entrada de oxígeno, propiciando de esta manera la fermentación acética. En esta fase de la fermentación, como su nombre lo indica, proliferan las bacterias acéticas, las cuales transforman el alcohol en ácido acético (Carrillo, 2011), esto explica el olor a vinagre que se percibió a partir del tercer día de fermentación de las semillas de rambután. Según Espinoza (2011), esta etapa se extiende hasta el tercer o cuarto día, sin embargo, el aroma a vinagre se percibió, con menor intensidad, durante el resto de días de fermentación.

Uno de los aspectos que reflejan la finalización de la fermentación acética es el cambio de color en la semilla de cacao, que cambia de púrpura a marrón (Pérez, 2011). Asimismo, Espinoza (2011) menciona que además del cambio de color, en esta fase “las bacterias acéticas concluirán el proceso de fermentación con la extracción por completo de rastros de mucílago y adelgazamiento de la cáscara así como el fácil desprendimiento de ésta del grano”; no obstante, las semillas de rambután poseían una abundante cantidad de pulpa, lo cual impedía afirmar que la fermentación acética concluyó al cuarto día, como sucede en el cacao.

Las siguientes imágenes muestran la apariencia del rambután durante el tercer y cuarto día de fermentación.

a) b)

Ilustración 9. Semillas de rambután durante el tercer y cuarto día de fermentación. a) Día 3. b) Día 4

Fuente: Elaboración propia

A partir del tercer día se observa que las semillas de rambután se oscurecen, sin embargo, como en la ilustración se muestra, presentan una "cobertura" blancuzca, similar a la apariencia de moho. Este efecto podría atribuirse al exceso de humedad, Espinoza (2011) explica que durante la fermentación del cacao, la aireación debe mantenerse equilibrada, controlando que haya buen drenaje del líquido y evitando la pérdida de calor, de lo contrario podría generar el desarrollo de mohos.

Durante el cuarto día de fermentación del rambután, se observó un color más oscuro, apariencia melcochosa y un leve aroma a caramelo, y a la vez el olor característico de fermentación. En comparación con el cacao, aún se presenciaba abundante cantidad de pulpa. En la siguiente ilustración se presenta el cacao durante el tercer y cuarto día de fermentación.

Ilustración 10. Cacao en el tercer y cuarto día de fermentación

Fuente: (Rohsius, 2012)

A partir del quinto día, se percibió una disminución en el exudado de las semillas de rambután, además, la pulpa tomaba un color más oscuro y su

consistencia era más pastosa. En la siguiente ilustración, se observa el rambután en los días 5, 6 y 7 de fermentación.

a) b) c)

Ilustración 11. Semillas de rambután durante el quinto, sexto y sétimo día de fermentación. a) Día 5. b) Día 6 c) Día 7

Fuente: Elaboración propia

Pérez (2011), Rohsius (2012) y Ortiz et al (2009) indican que una vez concluida la fermentación acética, se inducen algunos cambios bioquímicos en el cacao, los cuales corresponden a la tercera etapa llamada Oxidación. Esta última fase se caracteriza porque predomina el color marrón en los granos, ya que hay oxidación de pigmentos a causa de los productos de las fases anteriores. La siguiente ilustración muestra como luce el cacao al sexto y sétimo día de fermentación.

Ilustración 12. Cacao en el sexto y sétimo día de fermentación

Fuente: Rohsius (2012)

Otra de las características asociadas a la etapa de oxidación es disminución de ácido acético y la formación de precursores de aromas propios del chocolate (Espinoza, 2011 y Rohsius, 2012), los cuales se desarrollarán en las etapas posteriores. En el caso del rambután, al día sétimo aún se percibía aroma a vinagre, a caramelo y a fermento.

Para el tratamiento T2, se continuó con la fermentación hasta el día 11, la apariencia externa del rambután en los días 8, 9, 10 y 11 se muestra en la siguiente ilustración.

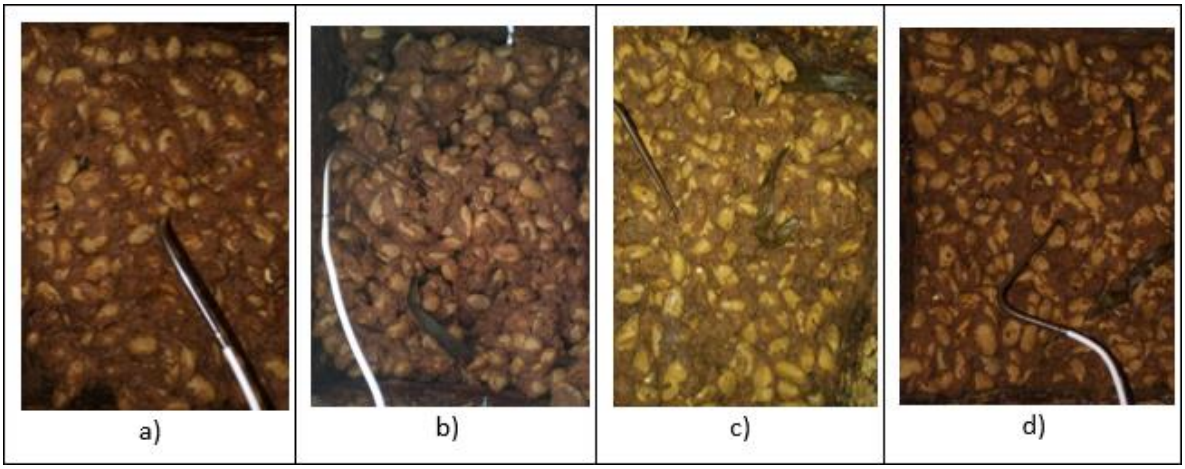


Ilustración 13. Semillas de rambután durante el quinto, sexto y sétimo día de fermentación. a) Día 8. b) Día 9. c) Día 10. d) Día 11

Fuente: Elaboración propia

Durante estos últimos cuatro días las semillas no presentaron grandes cambios, la cantidad de pulpa y la consistente parecía estable, sin embargo, en los dos últimos días se empezó a desprender parte de la pulpa de algunas semillas, dejándolas más descubiertas y, por lo tanto, más secas. Castro (2010) sugiere:

> Es importante retirar la pulpa ya que si la fermentación se realiza con las semillas sin despulpar, el grano después del proceso no tendría la calidad para ser industrializado debido a que no se podría degradar toda la pulpa y además el pH de la masa fermentante sería más bajo e interferiría en la presencia de bacterias lácticas y de las reacciones propias de la fermentación.

De esta manera, se determina que, aunque se realice la fermentación durante más días, como sucedió en el T2, no hay eliminación total de la pulpa.

Con respecto al olor, se percibía un ligero aroma a putrefacción, así como aromas ácidos y aromas típicos de fermentos. Carrillo (2011) afirma que el olor putrefacto se asocia a una fermentación láctica y butírica, las cuales ocurren por falta de oxígeno; además, explica que estas fermentaciones “pueden presentarse cuando el periodo de mayor cosecha coincide con las épocas de lluvias”. Estos dos factores coinciden con lo sucedido en la fermentación del rambután, pues al contener pulpa aún en el onceavo día de fermentación pudo afectar la oxigenación de las semillas, junto con esto, la presencia de lluvia no contribuyó a las condiciones idóneas del proceso.

En el cacao, la máxima duración para la etapa de fermentación es de 8 días (para el cacao forastero) (Teneda, 2016); sin embargo, como ya se ha mencionado, las fermentaciones muy prolongadas darán como resultado sabores y aromas indeseables.

Un factor fundamental e incluso, determinante para saber si una fermentación es óptima y si ha finalizado, es mediante la observación del color interno de las semillas. Aguilar (2016) indica que una buena fermentación de los

granos de cacao se evidencia con la prueba de corte, en la cual se observa si hay granos violetas, pizarrosos y sobre-fermentados, así como algún otro daño (presencia de mohos o infestación de insectos). Sin embargo, para el rambután no se han estandarizado estas mismas condiciones, por lo tanto, no podría definirse el tiempo de fermentación en base a este aspecto.

Existen otros factores que influyen significativamente en las diferentes fases de la fermentación. Pérez (2011) sugiere que estas etapas “se hallan determinadas por la disponibilidad de oxígeno, pH, contenido de azúcares, temperatura ambiental y por la presencia espontanea de los microorganismos”.

La temperatura, según Teneda (2016), es un factor determinante en las diferentes etapas de la fermentación. Lambert (s.f.) indica que en la primera fase hay reacciones exotérmicas, por lo cual hay aumento de temperatura. De acuerdo con Espinoza (2011) y Pérez (2011), la temperatura de fermentación del cacao alcanza los 45 °C al cumplir 48 horas, sin embargo, Echeverri (2013) señala que la temperatura entre el primer y segundo día de fermentación se mantiene entre 27 y 31 °C, tal como sucedió en el rambután.

Tabla 8. Resultados de temperatura en la fermentación del rambután aplicando los tratamientos T1 y T2

Día	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Temperatura (°C) -T1	24	25	29	28	31	30	29	28	-	-	-	-
Temperatura (°C) -T2	24	25	29	29	32	31	29	29	27	25	29	28

Fuente: Elaboración propia

En la tabla VIII se observa que la temperatura inicial fue de 25 °C y la temperatura máxima durante los dos primeros días de este proceso fue de 29°C. Este autor destaca que si la temperatura es inferior a los 31 °C puede deberse a que la cantidad de fruta colocada es muy poca para la caja o el lugar es frío y ventoso;

estos dos factores se presentaron en la fermentación del rambután, ya que las semillas alcanzaban casi la mitad de las cajas, y las condiciones del clima eran lluviosas.

Espinoza (2011) argumenta que para un buen proceso fermentativo es recomendable fermentar como mínimo 30 kilogramos de masa, con el fin de producir el calor necesario para el desarrollo óptimo de la fermentación. Además, Echeverri (2013) sugiere que:

> Algunos técnicos recomiendan guardar en pilas las mazorcas maduras, para iniciar la fermentación en dos o tres días, de esta manera las mazorcas han perdido algo de agua y tienen menos jugos, lo que favorece la iniciación de la fermentación y la elevación de la temperatura.

De esta manera, se puede deducir que la gran cantidad de pulpa que poseía el rambután también influyó para que la temperatura no aumentara.

Pasadas las primeras 48 horas, se observó que no hubo un incremento de temperatura considerable; Pérez (2011) indica que en esta segunda fase la temperatura debe alcanzar de un 48 a un 51 °C, lo cual Lambert (s.f.) explica como la causa de reacciones exotérmicas y Rohsius (2012) lo atribuye a la transformación de alcohol a ácido acético; aunque se distinguía olor a vinagre en la fermentación del rambután, la temperatura no aumentó como lo indican estos autores.

De acuerdo con Carrillo (2011), durante el quinto, sexto y sétimo día (fase oxidativa), la temperatura se reduce hasta 40 °C, sin embargo, el rambután solo alcanzó, 31 °C.

Para el T2, a partir del sétimo día, hasta el final de la fermentación (día 11), la temperatura comenzó a descender, incluso hasta los 25 °C. Según Carrillo (2011), el proceso finaliza cuando baja la temperatura de la masa fermentada, sin embargo no se puede atribuir este mismo efecto en la finalización de la

fermentación del rambután, ya que no alcanzó las temperaturas requeridas en las diferentes fases del proceso.

Lambert (s.f.) menciona: “con menores temperaturas las bacterias de la putrefacción proliferan y mayor fermentación produce un “olor a jamón” típico de cacao sobrefermentado”, esto explica el olor que se percibía en los últimos días del T2.

Otro de los parámetros medidos durante la fermentación de rambután fue el pH. En la siguiente tabla se presentan las mediciones diarias para los tratamientos T1 y T2.

Tabla 9. Resultados de pH de la semillas en la fermentación del rambután aplicando los tratamientos T1 y T2

Día	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
pH - T1	3,5	3,4	3,3	3,5	3,6	2,0	3,3	3,6	-	-	-	-
pH - T2	3,5	3,3	3,4	3,5	3,6	2,4	3,4	3,6	2,7	2,6	2,4	2,4

Fuente: Elaboración propia

Inicialmente, el rambután presentó un pH de 3,5, un valor muy parecido al cacao según Romero y Zambrano (2012). Durante la primera fase de la fermentación del cacao, Pérez (2011) indica que se da un aumento en el pH de la pulpa, sin embargo, las mediciones en la fermentación del rambután se realizaron en la totalidad de la masa fermentada.

Se observa cómo en los primeros dos días del proceso el pH disminuye muy poco, se puede decir que se mantiene constante. Carrillo (2011) señala que al inicio de la fermentación, la pulpa del cacao presenta un pH de 3,5, mientras que el pH del interior de la semilla es de 6,5. Durante la fase alcohólica se da un aumento del pH de la pulpa debido al consumo de ácido cítrico (Daza y Tapia, 2017), mientras que el pH de la semilla desciende hasta 5,0 (Rohsius, 2012), como consecuencia de la producción de alcohol. A pesar de que no se percibió un

aumento considerable en el pH del rambután. Teneda (2016) aclara que las levaduras pueden tolerar un rango de pH de 3 a 10, garantizando de esta manera la realización de la fase alcohólica.

Para los días 3 y 4, el pH de las semillas de rambután hubo un pequeño aumento en la masa de semillas, mientras que en el cacao el pH interno alcanza un rango entre 4,0 y 4,5 (Rohsius, 2012), como resultado de la penetración de ácido acético, y el pH de la pulpa aumenta casi hasta 5,5. Teneda (2016) indica que algunas especies de bacterias acéticas se desarrollan a un pH cercano a 3,0, por lo tanto, se puede deducir que la fase acética también se efectuó, aunque las condiciones de pH no fueran las mismas.

Durante el día 5, hubo una disminución importante de pH, este efecto se puede atribuir a que la temperatura se mantuvo baja, impidiendo que el ácido acético disminuyera en la semilla. En el día 6 y 7, volvió a aumentar, sin embargo no alcanzó el pH que, según Rohsius (2012) se logra en el cacao, el cual corresponde a 6,0 para el interior del grano y 7,0 para la pulpa. Como se ha discutido antes, el exceso de pulpa en rambután durante todo el proceso fermentativo, así como las bajas temperaturas pudieron influir en los valores bajos de pH.

Los valores de pH para los días 8, 9, 10 y 11 para efectos del T2, resultaron aún más bajos. Caballero et al (2014) enuncia “en un proceso de sobrefermentación el ácido acético es absorbido en grandes cantidades por los cotiledones de los granos de cacao, lo cual produce granos con sabor muy astringente y acidez pronunciada”. A pesar de las condiciones de pH, se evidenciaban algunas características de apariencia y aroma, similares al cacao.

Con respecto a los sólidos solubles, en la siguiente tabla se muestran los valores obtenidos durante el proceso de fermentación.

Tabla 10. Resultados de concentración de sólidos solubles en la fermentación del rambután aplicando los tratamientos T1 y T2

Día	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Sólidos solubles (°brix) -T1	18	17	15	17	16	14	10	9	-	-	-	-
Sólidos solubles (°brix) -T2	18	17	16	17	16	13	11	10	10	10	10	11

Fuente: Elaboración propia

Inicialmente, el rambután presentó un contenido de sólidos solubles de 18 °Bx, disminuyendo lentamente hasta el final de la fermentación. Caballero et al (2014) explican que durante la fermentación del cacao se da una disminución de sólidos solubles como consecuencia de la degradación de los azúcares por los microorganismos.

Teneda (2016) demuestra el descenso de sólidos solubles en la pulpa de cacao durante los primeros días de fermentación, iniciando con valores entre 17,9 y 19 °Bx; para el segundo día disminuye a un rango de 9,5 y 11,7 °Bx; registrando, para el tercer día, valores de 9,3 y 4,2 °Bx. Si bien, la disminución de sólidos solubles presenta cambios más considerables, se debe tomar en cuenta la cantidad de pulpa que poseen ambas frutas, como ya se ha mencionado anteriormente, el rambután mantuvo la pulpa hasta el último día de fermentación.

Se observa que en el día 3 hubo un pequeño aumento de sólidos solubles, lo cual se puede atribuir a la presencia de otros compuestos. Caballero et al (2014) mencionan que, debido a la formación de ácidos orgánicos que penetran el cotiledón (interior de la semilla de cacao), ocurre un pequeño incremento de sólidos solubles.

Para el T2, se observa que los valores de sólidos solubles se mantuvieron constantes, lo cual se puede atribuir a la actividad microbiana, pues al agitar o voltear la masa diariamente, inhibe la presencia de levaduras encargadas de la degradación de azúcares en condiciones anaeróbicas.

4.1.2. Secado

Para la etapa de secado se obtuvieron los siguientes datos.

Tabla 11. Resultados de tiempo y porcentaje de humedad en la etapa de secado del rambután aplicando los tratamientos T1, T2 y el control T0

	Tiempo de secado	Porcentaje de humedad
Secado – T0	14 horas deshidratador (45-50 °C)	8,10%
Secado – T1	5 días en exposición solar + 7 horas en deshidratador (45-50 °C)	7,55%
Secado – T2	4 días en exposición solar + 7 horas en deshidratador (45-50 °C)	7,26%

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior, se observa que los tratamientos recibieron diferentes tiempos de secado, ya que por el proceso previo de fermentación o despulpado (en caso del T0), la cantidad de pulpa (para T1 y T2) era diferente, y, por consiguiente, el porcentaje de la humedad era distinto para cada muestra.

Caballero et al (2014) mencionan que el secado del cacao puede realizarse aprovechando el calor del sol durante 8 días, dependiendo de las condiciones climáticas. Además, sugiere que en esta operación el porcentaje de humedad debe llegar al 7%, para evitar la proliferación de microorganismos indeseables. Los análisis de humedad en las semillas de rambután mostraron un porcentaje óptimo para la finalización del secado, pese a que no se cumplieron las mismas condiciones para cada tratamiento.

Una de los principales objetivos de este proceso es completar la formación del aroma y sabor a chocolate (Valdivia, 2015); si bien, el aroma formado en la fermentación del rambután disminuyó, no se percibió olor a chocolate para ninguna de las 3 muestras.

4.1.3. Tostado

Los tiempos de tostado fueron diferentes para cada tratamiento, ya que después del secado presentaron porcentajes de humedad variables. De acuerdo con las encargadas del proceso de chocolates en la Chocolatería Estukurú, se determinó la finalización de esta etapa al tomar una semilla y medir su crujencia. En la siguiente tabla se observan los tiempos de tostado para cada muestra.

Tabla 12. Resultados de tiempo y temperatura en la etapa de tostado del rambután aplicando los tratamientos T1, T2 y el control T0

	Tiempo de tostado (min)	Temperatura de tostado (°C)
Tostado – T0	50	130-135
Tostado – T1	40	130-135
Tostado – T2	35	130-135

Fuente: Elaboración propia

Según Plúa (2008), el tiempo de tostado del cacao es relativo, ya que depende del tipo y la cantidad de producto que se esté procesando, así como de la temperatura del equipo; por lo general, las habas de cacao se tuestan desde 110 hasta 150º C durante 20 a 50 minutos, de esta manera, la temperatura y los tiempos obtenidos durante el tostado de semillas de rambután coinciden con el proceso del cacao.

Al finalizar esta etapa se distinguió un aroma muy similar al del chocolate en las semillas del T2, mientras que para el T1 el aroma a chocolate era más leve y más ácido. Con respecto al T0, no se percibió el aroma característico del chocolate, sino que tenía más similitud con maní tostado o a nueces. Vega et al (2016) afirman que el aroma característico del cacao es resultado del proceso de fermentación, secado y tostado de los granos de cacao, siendo esta última etapa en la cual se desarrolla el aroma a chocolate. Plúa (2008) menciona:

> Las almendras de cacao tienen que tostarse para que los precursores del sabor (azúcares, aminoácidos y otros que se forman durante la fermentación) se combinen y transformen para formar los olores y sensaciones típicas del sabor a chocolate y otras notas sensoriales como el floral, frutal y nuez.

Esta afirmación explica las diferencias de aroma en los tres tratamientos aplicados en rambután, pues las semillas que no se fermentaron no poseían esos aminoácidos y compuestos que permitieran producir los compuestos responsables del aroma y sabor a chocolate. Khairy et al (2018) demostraron que los tratamientos de fermentación y tostado en rambután generaron compuestos relacionados con el sabor y aroma, tales como las pirazinas, las cuales están relacionadas con el sabor a cacao.

Otra de las diferencias encontradas en el tostado de las semillas de rambután de T1, T2 y T0 fue el color. El T1 mostró un color amarillento, mientras que el color de las T1 era más oscuro, casi marrón, y para el T0 las semillas eran más pálidas que las T1. Alegría (2015) dice que durante el tostado del cacao se producen las reacciones de Maillard, responsables de desarrollar características finales del color, olor y sabor típicos del chocolate.

Las reacciones de Maillard o pardeamiento no enzimático producen una amplia variedad compuestos, intermediarios y pigmentos marrones (melanoidinas), a partir de azúcares reductores y aminoácidos; productos originados durante la fermentación (Zapata et al, 2015). “En la fermentación, durante la fase anaeróbica, la sacarosa es parcialmente hidrolizada a azúcares reductores; por su parte, las proteínas son sometidas a proteólisis en péptidos y aminoácidos” (Cardona, 2016), de esta manera, se justifica las diferencias de los tratamientos T1, T2 y T0 en rambután después de la etapa de tostado.

4.1.4. Descascarillado

El descascarillado permitió obtener la parte interna de las semillas de rambután. En el cacao se le llama cotiledón al interior del grano, o nib cuando ha sido tostado y descascarillado. (Alegría, 2015)

La cascarilla puede desprenderse con mayor facilidad gracias al proceso de tostado (Plúa, 2008). Esta característica se presentó en los 3 tratamientos de semillas de rambután, ya que pudo realizarse manualmente y con facilidad.

La cantidad total de cascarilla de rambután obtenida no pudo recolectarse, pues al removerse tan fácilmente durante el tostado, una parte se perdía en el tostador y por la manipulación de las semillas. Sin embargo, para los tratamientos T1 y T2 se observó que tenía mayor grosor que las cascarillas del cacao, lo cual se atribuye a los restos de la pulpa; para el T1 el grosor de la cascarilla era menor.

En la siguiente ilustración, se observa la comparación entre cascarilla de rambután obtenida en el T0 y cascarillas de cacao.

a) b)

Ilustración 14. Comparación entre cascarilla de rambután y cascarillas de cacao. a) Cascarilla de semilla de rambután. b) Cascarilla de cacao

Fuente: Elaboración propia

Con respecto a la parte interna de la semilla (lo que sería el nib) presentó una apariencia similar a las semillas tostadas de marañón, incluso puede afirmarse que se veían más enteras que los “nibs” de cacao, los cuales salen más fraccionados debido al mecanismo utilizado para el descascarillado, caracterizado por utilizar un equipo que rompe el grano para poder separar el nib de la cascarilla. (Plúa, 2008)

La siguiente ilustración muestra la parte interna de las semillas de rambután y los “nibs” de cacao.

a) b)

Ilustración 15. Comparación entre la parte interna de semillas de rambután y “nibs” de cacao. a) rambután. b) “nibs” de cacao

Fuente: Elaboración propia

4.1.5. Molienda

En el proceso de molienda se obtuvo el SLCBSR, sin embargo, los productos obtenidos para los tratamientos T1, T2 y T0, presentaron una apariencia muy diferente al licor de cacao, el cual tiene una consistencia semilíquida o pastosa debido al alto contenido de grasa (50 – 55% aproximadamente). La consistencia

de los SLCBSR se mostró más seca, con aspecto de harina y un color muy claro en comparación con que el licor de cacao, tal como se observó antes de la molienda.

En la siguiente ilustración se muestra el SLCBSR

Ilustración 16. Sustitutos de licor de cacao a base de semillas de rambután. a) T0. b) T1. c) T2

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con Alegría (2015), el tamaño de las partículas en el licor de cacao es de 2 a 10 micrómetros de diámetro, lo cual permite el rompimiento de células que contienen grasa, de esta manera, al someterse a temperaturas superiores a los 50 °C se muestra como un líquido viscoso. Se desconoce el tamaño de las partículas de los diferentes SLCBSR, ya que no se midió este parámetro; sin embargo, desde el proceso de molienda se evidenció menor cantidad de lípidos que el cacao.

Con respecto a la cantidad de los SLCBSR se obtuvieron entre 700 y 800 gramos de producto, lo cual indica un rendimiento del 10% aproximadamente, en relación con la fruta fresca.

4.1.6. Conchado

Para el conchado de los productos tipo chocolate se utilizó la formulación que se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 13. Formulación de productos tipo chocolate utilizando SLCBSR obtenidos en los tratamientos T0, T1 y T2

Ingrediente	**Masa y porcentaje**					
	T0		**T1**		**T2**	
	%	**(g)**	**%**	**(g)**	**%**	**(g)**
SLCBSR	63,16	300	63,16	300	63,16	300
Manteca de cacao	21,05	100	21,05	100	21,05	100
Azúcar	15,79	75	15,79	75	15,79	75
Total	100	475	100	475	100	475

Fuente: Elaboración propia

Se estableció una formulación similar a la utilizada en un chocolate oscuro 85%, esto quiere decir que el 85% corresponde a cacao y 15% al azúcar, con una sustitución total del licor de cacao. Las formulaciones son definidas De acuerdo con las características sensoriales que se busquen en el producto, por esto, en algunas ocasiones se utiliza una combinación de licor de cacao con manteca de cacao. Por lo tanto, para la formulación de los productos tipo chocolate elaborados con SLCBSR se decidió utilizar manteca de cacao, con el objetivo principal de conchar el producto correctamente, pues la textura de los SLCBSR no permitía que la máquina conchadora procesara las mezclas.

El tiempo de conchado para las tres mezclas fue de 5 horas y se determinó al tomar una muestra y sentir la masa suave y sin grumos; en el caso del cacao, el tiempo de conchado depende del tipo de chocolate, se define tomando en cuenta la cantidad de producto, las materias primas, la temperatura, la humedad y los estándares de calidad que se tengan establecidos. (Quirós, 2016)

La apariencia se mostró como una pasta líquida similar al chocolate, con diferentes coloraciones. La mezcla del producto elaborado con SLCBSR del T0 presentó un color amarillento, mientras que la del T1 fue menos amarillenta y más marrón, y la del T2 era color marrón claro. Las 3 muestras se veían brillantes y homogéneas.

Además, durante esta etapa disminuyó la intensidad del aroma propio de cada SLCBSR en las mezclas. Varas (2010) y Quirós (2016) indican que durante esta etapa se eliminan compuestos volátiles indeseables, mejorando el sabor y aroma del chocolate.

4.1.7. Temperado

Para realizar la curva de temperado se tomaron las mezclas de los productos tipo chocolate elaborados con SLCBSR y se llevaron a una temperatura superior a los 50 °C, después se obtuvieron diferentes temperaturas para cada tratamiento, ya que en la fase de cristalización los productos se comportaron de manera distinta. En la siguiente tabla se muestra las temperaturas correspondientes.

Tabla 14. Resultados de temperaturas en la etapa de temperado de productos tipo chocolate utilizando SLCBSR obtenidas en los tratamientos T0, T1 y T2

	Temperatura de temperado (°C)		
	Temperatura 1 (Fusión)	Temperatura 2 (Cristalización)	Temperatura 3 (Atemperado)
Temperado – T0	50	28	32
Temperado – T1	50	29	35
Temperado – T2	50	-	-

Fuente: Elaboración propia

Para el T0 la curva de temperatura se realizó tal como se realiza con el cacao. Chong (2014) indica que las temperaturas de un chocolate amargo corresponden a 45-50 °C para fusión, 28-29 °C para la cristalización y 31-33 °C para el atemperado; además, la pasta pudo manipularse fácilmente, hasta lograr transferirla a los moldes con facilidad. En el caso del T1, se logró la etapa de cristalización a una temperatura igual que el cacao, sin embargo, la pasta se comportó más difícil de manipular en la mesa de mármol, pues se solidificaba más rápidamente y al incorporarla al tazón para el aumento de temperatura

(atemperado) se tuvo que incrementar la temperatura hasta los 35 °C, además su consistencia era más viscosa que la pasta elaborada con SLCBSR del T0, lo cual dificultó moldearla. Con respecto al T2, no se logró atemperar, pues al pasarla a la mesa de mármol quedó sólida inmediatamente, imposibilitando realizar el temperado; para poder moldearla fue necesario fundirla a 50 °C y transferir la pasta a los moldes en ese momento.

A pesar de que se utilizó un 20% de grasa en la elaboración de los productos tipo chocolate, la totalidad de la grasa no es la misma, como se ha mencionado con anterioridad, la semilla de rambután posee un contenido graso menor que el cacao, lo cual podría representar importantes cambios en el comportamiento del temperado. Además, la composición de la grasa es determinante en esta etapa.

El atemperado en chocolates se logra gracias a la composición de la manteca de cacao, ya que esta posee ácidos grasos, y a su vez una composición de triacilgliceroles, que permiten el polimorfismo (6 estados cristalinos diferentes) en su cristalización (Cuamba, 2008). Según Montoya (2003), “la dureza de la manteca de cacao está directamente relacionada con su composición triglicérida, la forma polimórfica en que cristaliza, el tamaño de los cristales y la temperatura a que se encuentra”. Además, indica que más del 95% está compuesta por triglicéridos, principalmente por tres ácidos grasos en la composición de los mismos: los ácidos saturados palmítico y esteárico, y el monoinsaturado oleico, los cuales muestras un polimorfismo complejo. De acuerdo con Cuamba (2008), el polimorfismo es la existencia de varias formas cristalinas con la misma composición química pero con diferente estructura, lo cual permite la variabilidad de puntos de fusión. Según Zzaman et al (2014), la composicón de ácidos grasos en la semilla de rambután presenta importantes diferencias con respecto al perfil de ácidos grasos de la manteca de cacao. En la siguiente tabla, se observa esta comparación.

Tabla 15. Comparación entre perfil de ácidos grasos de manteca de cacao y grasa de semilla de rambután

FATTY ACID (%)			
Type & Name of fatty acid		Cocoa butter*	Rambutan fat*
$C_{8:0}$	Caprylic acid	1.27 ± 0.002	1.08 ± 0.003
$C_{10:0}$	Capric acid	-	1.14 ± 0.004
$C_{11:0}$	Undecanoic acid	1.69 ± 0.008	1.92 ± 0.011
$C_{12:0}$	Lauric acid	19.68 ± 0.004	4.17 ± 0.015
$C_{13:0}$	Tridecanoic acid	-	4.63 ± 0.013
$C_{14:0}$	Myristic acid	-	2.80 ± 0.016
$C_{15:0}$	Pentadecanoic acid	-	3.81 ± 0.017
$C_{16:0}$	Palmitic acid	28.16 ± 0.004	8.83 ± 0.020
$C_{16:1}$	Palmitoleic acid	-	13.66 ± 0.240
$C_{18:0}$	Stearic acid	21.53 ± 0.007	6.66 ± 0.021
$C_{18:1\ cis}$	Oleic acid	22.78 ± 0.008	25.32 ± 0.070
$C_{18:1\ tran}$	Elaidic acid	-	3.53 ± 0.012
$C_{18:2\ tran}$	Linolelaidic acid	4.88 ± 0.003	-
$C_{20:0}$	Arachidic acid	-	16.39 ± 0.050
$C_{20:1}$	Cis-13-eicosenoic acid	-	4.46 ± 0.014
$C_{22:0}$	Behenic acid	-	1.22 ± 0.004

*Mean ± Standard deviation

Fuente: (Zzman et al, 2014)

De esta manera, se podría explicar el comportamiento de los tres productos tipo chocolates elaborados con SLCBSR, ya que no todos los ácidos grasos comparten las mismas características de polimorfismo y cristalización. Estos resultados se complementan con los análisis proximales y perfil de ácidos grasos que se presentan a continuación.

4.2. Comparación mediante análisis proximal y perfil de ácidos grasos, entre el licor de cacao y el sustituto de licor de cacao a base de semillas de rambután obtenido en dos tratamientos de fermentación y una muestra control

4.2.1. Proteína

En la siguiente tabla se presentan los resultados del contenido de proteína en el licor de cacao y los SLCBSR obtenidos en los tratamientos T1, T2 y T0

Tabla 16. Estimación del contenido de proteína en licor de cacao y SLCBSR obtenidos en los tratamientos T1, T2 y T0

Muestra	Porcentaje Proteína (%)	Desvación estándar (%)
Licor de cacao	13,48	0,07
T1	7,12	0,02
T2	7,90	0,05
T0	10,51	0,05

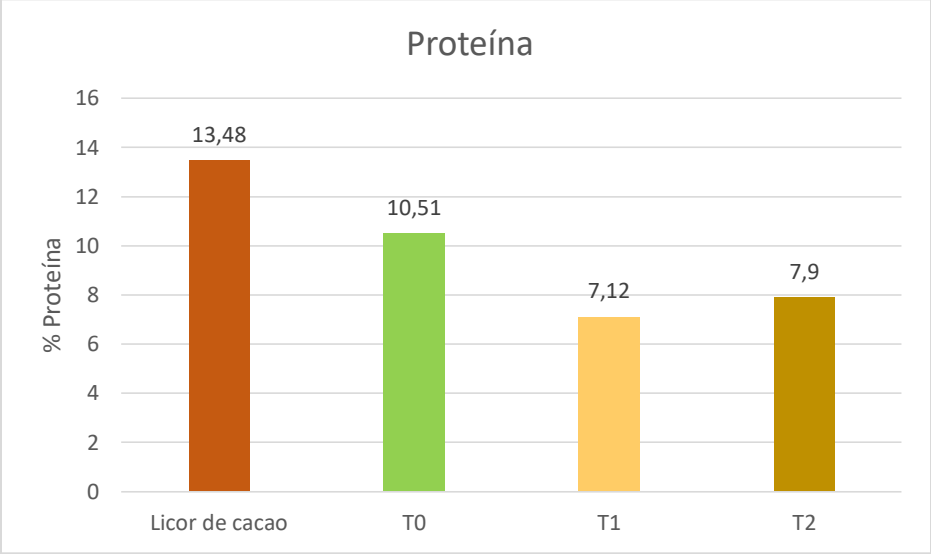
Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior se observa la cantidad de proteína en las cuatro muestras analizadas. Se encontró que el licor de cacao posee aproximadamente un 3% más que el SLCBSR del T0, un 6,4% más que el T1 y un 5,6% más que el T2. Según Cardona (2016), el contenido de proteína en cacao está entre 10 y 16%, lo cual indica que la muestra de licor de cacao se encuentra dentro del rango, así como el SLCBSR del T0. Mientras que los tratamientos T1 y T2 se encuentran debajo del límite.

Chávez et al (2008) mencionan que la proteína no tiene mucha relevancia en el proceso del chocolate, asimismo coinciden con Torres (2012), pues afirman que la proteína de cacao es de bajo aporte biológico.

En el siguiente gráfico se representa la cantidad de proteína presente en las cuatro muestras.

Gráfico 1. Porcentaje de proteína en licor de cacao y SLCBSR del T0, T1 y T2



Fuente: Elaboración propia

Con respecto a los cambios entre las muestras del T1, T2 y T0 se observa una disminución de proteína. Rohsius (2013), Miranda (2011) y Lambert (s.f.) afirman que durante la fermentación se da una disminución en el contenido proteico por la acción enzimática, pues algunas enzimas degradan las proteínas en péptidos y aminoácidos para favorecer las reacciones que dan lugar a los precursores de sabor a chocolate, Cardona (2016) afirma “Algunos péptidos, y aminoácidos libres como leucina, fenilalanina y tirosina hacen parte de los componentes más importantes que contribuyen a la formación del sabor durante la fermentación. Estos son formados por la reacción proteolítica de la aspárticoproteasa y la carboxipeptidasa”, esta explicación podría atribuirse al comportamiento de la proteína en rambután, debido al proceso de fermentación.

4.2.2. Grasa

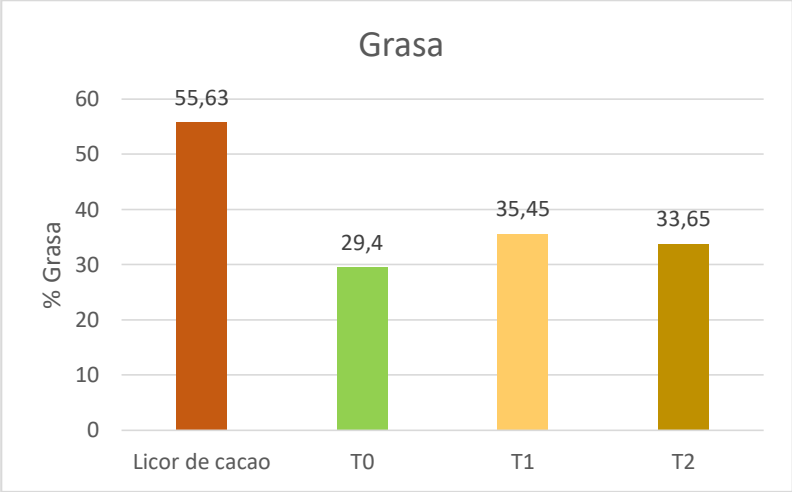
El contenido de grasa en las cuatro muestras se muestra en la siguiente tabla, así como su representación gráfica.

Tabla 17. Estimación del contenido de grasa en licor de cacao y SLCBSR obtenidos en los tratamientos T1, T2 y T0

Muestra	Porcentaje grasa (%)	Desviación estándar (%)
Licor de cacao	55,63	0,14
T1	35,45	0,25
T2	33,65	0,18
T0	29,40	0,50

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 2. Porcentaje de grasa en licor de cacao y SLCBSR del T0, T1 y T2



Fuente: Elaboración propia

Las cantidades de grasa reflejadas en los análisis demuestran que hay gran diferencia entre el licor de cacao y los tres tratamientos del rambután. Se puede observar que el porcentaje de grasa del cacao supera el T1, T2 y T0, en un 20%, 22% y 26%, respectivamente. Cardona (2016) señala que el cacao debe contener entre en un 50 y 57% de grasa, lo cual concuerda con el resultado obtenido en el análisis de la muestra de licor de cacao; sin embargo, las muestras de SLCBSR poseen una cantidad de grasa mucho menor, lo cual explica la textura y apariencia que se observaron desde la etapa de molienda.

Como ya se ha destacado, la grasa de cacao es uno de los componentes más importantes en el licor de cacao y por lo tanto, en el chocolate, ya que este es el principal responsable de la textura, apariencia, fusión en boca y demás características sensoriales del chocolate, así como de su comportamiento en diferentes etapas del proceso de fabricación. De acuerdo con los resultados obtenidos de los tratamientos T1, T2 y T0, el porcentaje de grasa que poseen sería un factor crítico para su utilización como sustituto de licor de cacao en chocolates, lo cual se evidenció en la formulación, pues se tuvo que agregar un 20% de maneca de cacao para poder elaborar los productos tipo chocolate. A pesar de esto, existentes estudios que avalan la combinación de manteca de cacao con grasa de semilla de rambután para la manufacturación de chocolates, lo cual implicaría una operación extra en el proceso, que corresponde al prensado o separación de la grasa de los demás componentes, con el fin que estos (carbohidratos, proteínas y otros) no afecten esta aplicabilidad.

Febrianto et al (2014) realizaron una investigación de la combinación de estas grasas y concluyeron que en diferentes proporciones, el comportamiento térmico así como las características de textura son iguales o mejores que el uso total de manteca de cacao. Destacan que la grasa de semilla de rambután en una sustitución hasta del 30% permitió un comportamiento térmico similar (curva de fusión y cristalización e índice de grasa sólida) y formación de cristales con manteca de cacao, mientras que una proporción más alta alteró completamente las propiedades originales de la manteca de cacao. A partir de estos resultados, se encontró la posibilidad de utilizar grasa de semilla de rambután como sustituto de manteca de cacao que en una pequeña cantidad o también podría utilizarse para otros productos de confitería que no requieren manteca de cacao.

En relación con las muestras de rambután específicamente, se destaca la diferencia en el porcentaje de grasa de los tratamientos T1 y T2 con respecto al T0, ya que se muestra un aumento de 5±1% en los SLCBSR que recibieron el tratamiento de fermentación. Según Pineda et al (2012), durante la fermentación del cacao hay un incremento del contenido de grasa debido al rompimiento celular

ocasionado por la acidificación del medio. Asimismo, Portillo y Portillo (2012) afirman:

> El porcentaje de grasa de las almendras de cacao aumenta en función del tiempo de fermentación, obteniéndose valores entre 41,66% y 45,45%. Este aumento se debe a que durante el tiempo de fermentación varía la composición química del grano y por ende el contenido de grasa.

Por lo tanto, el factor de fermentación estaría influenciando el contenido de grasa de las semillas de rambután.

4.2.3. Humedad

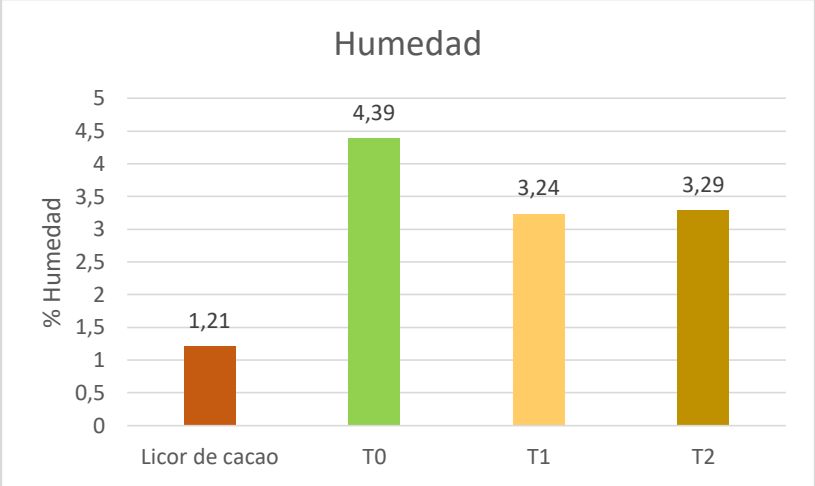
A continuación, se muestran los resultados del contenido de humedad en las muestras analizadas.

Tabla 18. Estimación del contenido de humedad en licor de cacao y SLCBSR obtenidos en los tratamientos T1, T2 y T0

Muestra	Porcentaje humedad (%)	Desvación estándar (%)
Licor de cacao	1,21	0,04
T1	3,24	0,05
T2	3,29	0,06
T0	4,39	0,22

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3. Porcentaje de humedad en licor de cacao y SLCBSR del T0, T1 y T2



Fuente: Elaboración propia

En la tabla XVI y el gráfico 3 se observa que las cuatro muestras presentan un bajo contenido de humedad, debido al proceso de secado y tostado que procuran reducir el agua a los niveles más bajo. Torres (2012) indica que el porcentaje de humedad en el cacao después del proceso de tostado debe ser de un 2% como máximo, manteniéndose así hasta la obtención del licor de cacao, ya que si el producto adquiere más humedad durante su manipulación podría presentar características indeseables. (Chávez et al, 2008)

Si bien, las tres muestras de rambután mostraron más del doble del porcentaje de humedad que tuvo el licor de cacao, es un parámetro que se puede controlar fácilmente, ya sea en el secado, tostado o manipulación del producto una vez que ha sido molido.

4.2.4. Cenizas

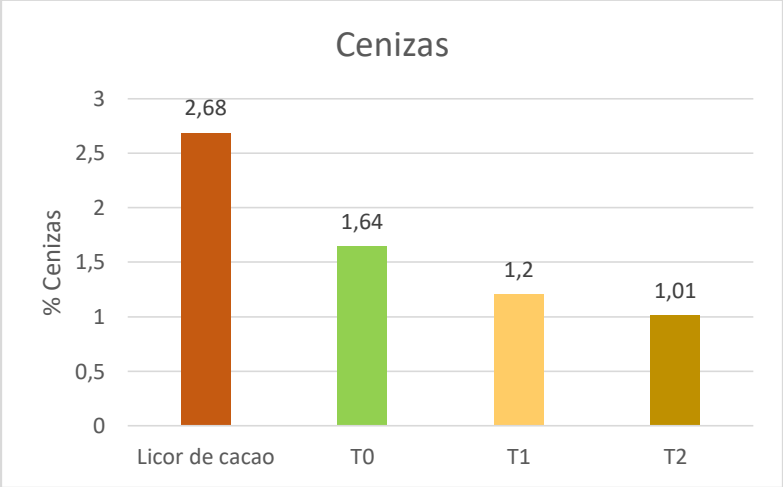
Los resultados de la cantidad de cenizas se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 19. Estimación del contenido de cenizas en licor de cacao y SLCBSR obtenidos en los tratamientos T1, T2 y T0

Muestra	Porcentaje cenizas (%)	Desvación estándar (%)
Licor de cacao	2,68	0,06
T1	1,20	0,22
T2	1,01	0,02
T0	1,64	0,12

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4. Porcentaje de cenizas en licor de cacao y SLCBSR del T0, T1 y T2



Fuente: Elaboración propia

El porcentaje de cenizas representa la fracción mineral del material original (Miranda, 2011); sin embargo, Steinau et al (s.f.) mencionan que el contenido de cenizas no es determinante en la elaboración de chocolate, no obstante, se toma en cuenta para establecer un criterio de aceptación del producto.

De acuerdo con Egas (2015), el contenido de cenizas para el licor de cacao no debe ser mayor al 7,5%, por lo tanto, las muestras analizadas de licor de cacao y de SLCBSR de T1, T2 y T0 cumplen con este criterio.

Con respecto a la diferencia del contenido de cenizas entre las muestras de los tratamientos T1, T2 y T0 se observa una leve disminución. Miranda (2011) señala que esta disminución puede atribuirse a la etapa de fermentación o al secado, pues algunos minerales son hidrosolubles y pueden perderse cuando hay eliminación de agua en estas etapas. Por otra parte, Teneda (2016) explica que las levaduras presentes en la fermentación podrían tomar minerales como nutrientes.

4.2.5. Carbohidratos

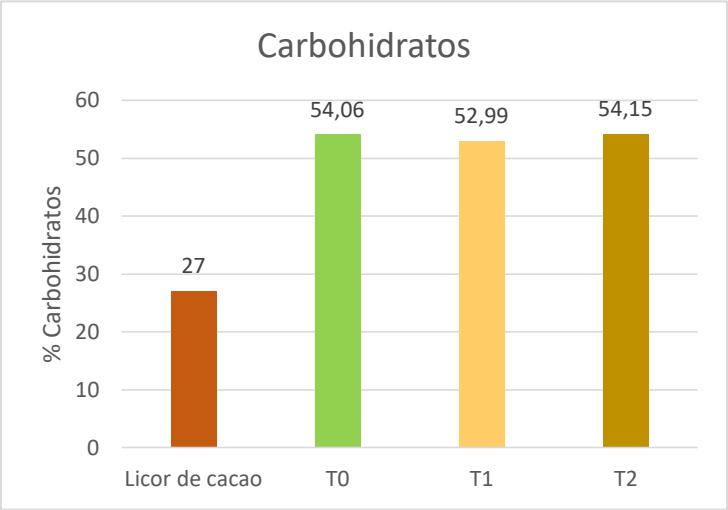
Los resultados del contenido de carbohidratos se presentan en la siguiente tabla y en el gráfico 5.

Tabla 20. Estimación del contenido de carbohidratos en licor de cacao y SLCBSR obtenidos en los tratamientos T1, T2 y T0

Muestra	Porcentaje carbohidratos (%)
Licor de cacao	27,00
T1	52,99
T2	54,15
T0	54,06

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 5. Porcentaje de carbohidratos en licor de cacao y SLCBSR del T0, T1 y T2



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con Egas (2015), la cantidad de carbohidratos presentes en el licor de cacao corresponde a 28%, valor que coincide con la muestra analizada. Sin embargo, las 3 muestras de rambután presentaron el doble de esta cantidad, esto por la naturaleza de las semillas. Además, se evidencia que no hay cambios significativos en el proceso de fermentación para este componente. Según Miranda (2011), puede haber monosacáridos, disacáridos, trisacáridos y polisacáridos, constituyendo un aporte energético importante, además destaca que durante la fermentación no hay cambios en este componente, tal como sucedió en las muestras de rambután.

Si bien, la naturaleza de los carbohidratos no afecta el proceso de elaboración de chocolate, la gran cantidad de este componente en los SLCBSR podría significar una desventaja, ya que no se proporciona la cantidad de grasa deseada, la cual además de estar en menor cantidad que el licor de cacao, posee una naturaleza diferente. A continuación, se presenta el perfil de ácidos grasos del licor de cacao y los SLCBSR de T1, T2 y T0.

4.2.6. Perfil de ácidos grasos

Los resultados arrojaron la presencia de varios AG presentes en las cuatro muestras. En el licor de cacao se observaron 5 AG, mientras que el T0 presentó 7 AG, y en el T1 y T2 se observaron 5 AG, demostrando la disminución e incluso, desaparición de algunos de ellos, lo cual se puede asociar a la etapa de fermentación. En la siguiente tabla se muestra el porcentaje aproximado de cada AG presente en las muestras.

Tabla 21. Estimación del perfil de ácidos grasos en licor de cacao y SLCBSR obtenidos en los tratamientos T1, T2 y T0

ÁCIDO GRASO/ Identificación	**Porcentaje de AG (%)**			
	Licor de Cacao	**T0**	**T1**	**T2**
Ácido palmítico (C16:0)	26,34	6,51	2,48	2,64
Ácido esteárico (C18:0)	35,21	7,42	2,37	1,94
Ácido oleico (C18:1 (9c))	32,95	44,77	22,55	26,14
Ácido linoleico (C18:2)	2,90	2,67		
Ácido araquídico (C20:0)	1,04	28,01	7,86	3,80
Ácido gondoico (C20:1 (11c))		6,85	3,52	4,22
Ácido behénico (C22:0)		2,37		
TOTAL AG	98,43	98,60	38,78	38,73

Fuente: Elaboración propia

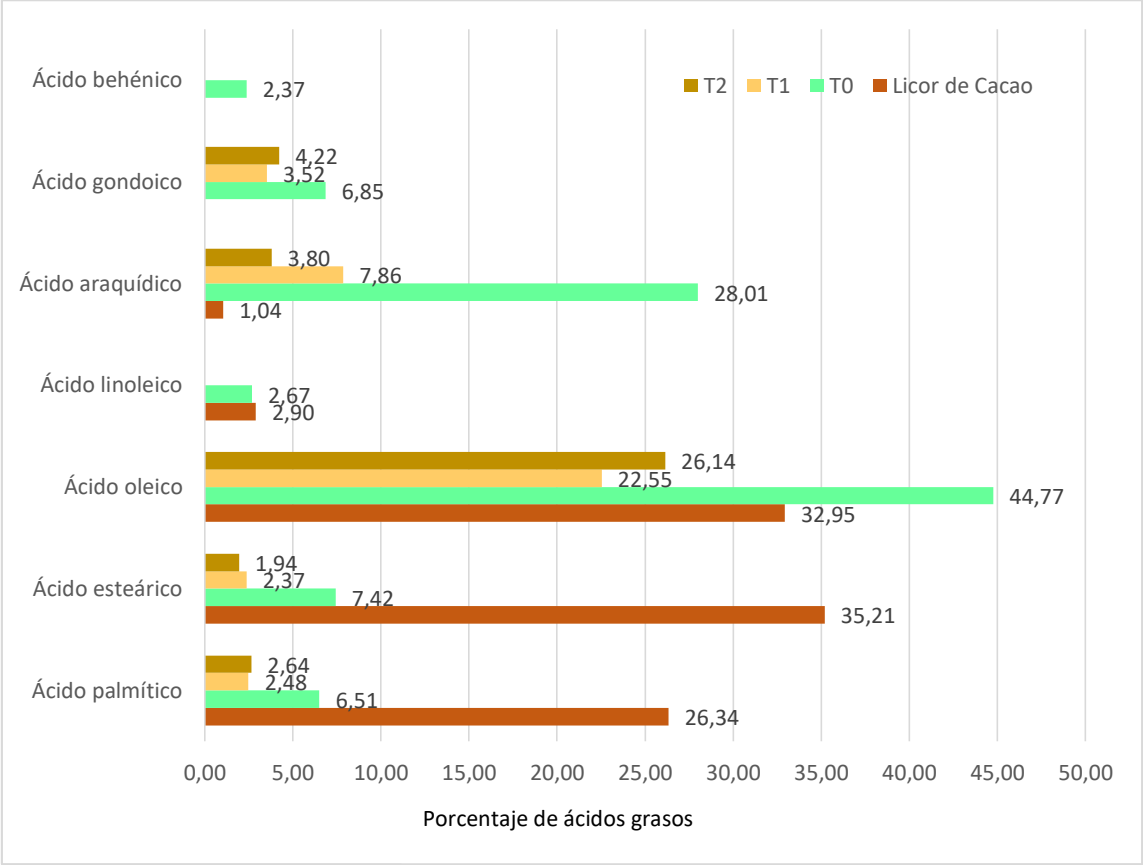
De acuerdo con la tabla anterior, se determinó que el licor de cacao posee 3 AG principalmente, tal como lo indica Cardona (2016): “Los ácidos grasos predominantes son saturados (esteárico: 18:0, 35%; y palmítico: 16:0, 25%) e insaturados (oleico: 18:1, 35%)”; esta composición de triglicéridos que, según Codini et al (2004) corresponde a un 98% de la totalidad en la manteca de cacao, así como la geometría y acomodo de cada AG en la molécula, permite la cristalización típica del chocolate.

Con respecto a la composición de AG en el rambután, el T0 mostró una cantidad de AG similar al licor de cacao, sin embargo, la proporción de cada AG

es más variable, observándose las principales diferencias en la cantidad de ácido palmítico, esteárico y oleico, lo cual podría afectar la cristalización de la grasa, ya que su composición y polimorfismo son determinantes en la formación del chocolate. Además, presentó un alto contenido de ácido araquídico, un AG saturado de 20 carbonos, lo cual podría significar que el SLCBSR presentara un punto de fusión más alto, de acuerdo con Soriano (2006), los puntos de fusión de un AG incrementan con la longitud de la cadena de carbonos, así como la presencia de insaturaciones (enlaces dobles) disminuye el punto de fusión, por lo tanto, este AG así como el ácido gondoico (AG de 20 carbonos) podrían causar que la mezcla se resistiera más a los cambios de temperatura. Pese a esto, durante la etapa de temperado del producto T0, se logró una curva de temperaturas similar al del cacao, evidenciando la compatibilidad de estas dos grasas.

Para los tratamientos T1 y T2, se encontró una importante disminución de los ácidos palmítico, esteárico, oleico, araquídico y gondoico y la desaparición de los ácidos linoleico y behénico con respecto al T0. En el siguiente gráfico se representa la proporción de ácidos grasos para las cuatro muestras.

Gráfico 6. Perfil de ácidos grasos en licor de cacao y SLCBSR del T0, T1 y T2



Fuente: Elaboración propia

Esta diferencia entre las muestras T0, T1 y T2 se atribuye al proceso de fermentación, ya que al no alcanzar las temperaturas requeridas, la actividad microbiana pudo afectar la condición de los productos, en este caso, la naturaleza de la fase lipídica de los SLCBSR del T1 y T2. Tortora et al (2007) mencionan que algunos microorganismos producen lipasas durante la fermentación alcohólica; estas enzimas se caracterizan por degradar las grasas para formar ácidos grasos y glicerol, los cuales son utilizados como sustratos para sobrevivir. Algunas bacterias y levaduras metabolizan los ácidos grasos mediante una secuencia de ciclos llamada beta-oxidación, para producir energía; Macedo-Márquez (2012) menciona que la levadura *Saccharomyces cerevisiae* actúa con este mecanismo

sobre los ácidos grasos cuando no hay otra fuente fermentable. Como ya se ha mencionado, las condiciones de fermentación del rambután no alcanzaron las temperaturas idóneas, lo cual implicaría que esta levadura (o algún otro microorganismo) haya proliferado durante varios días de la fermentación, aun cuando no existieran azúcares para su consumo, tomando así los ácidos grasos para sobrevivir.

Esta diferencia del perfil de ácidos grasos se evidenció en el comportamiento de los productos tipo chocolate en el temperado, ya que el T1 y T2 no poseían la misma cantidad de ácidos grasos que el T0, el cual mostró más facilidad de manipular durante esta etapa. Si bien, los resultados del análisis de proximal arrojaron que las muestras T1 y T2 poseían más cantidad de grasa, pudo haber sido causado por hidrólisis de los triacilglicéridos, ocasionando consumo de los AG y dejando únicamente los gliceroles.

Casas et al (2015) realizaron un estudio sobre diferentes levaduras presentes en la fermentación alcohólica para la producción de vino, indican que géneros diferentes a las *Saccharomyces* son capaces de producir metabolitos como el glicerol a partir de carbohidratos. Además, según Vital y Lorralde (2016), ciertas condiciones estresantes como la concentración de oxígeno disuelto, presión osmótica, temperatura, pH y compuestos como el etanol, incentivan que ciertas levaduras como la *S. cerevisiae* produzcan metabolitos secundarios como el glicerol. De esta manera, aunque no se conozca con exactitud las especies de microorganismos presentes en la fermentación del rambután, podría atribuirse el alto porcentaje de grasa de los SLCBSR de los tratamientos T1 y T2 a la producción de glicerol, ya que los ácidos grasos se perdieron casi por completo.

4.3. Aplicación de una escala hedónica al consumidor para determinar el agrado y preferencia de productos tipo chocolate elaboradas con SLCBSR obtenido en los tres tratamientos de fermentación

4.3.1. Sabor

El ANOVA para el atributo sabor se presenta a continuación.

Prueba de hipótesis

Ho: $\mu_{T1} = \mu_{T2} = \mu_{T0}$

H_1: Al menos una de las medias es diferente

α=0,05

μ_{T1}: promedio muestra con 7 días de fermentación
μ_{T2}: promedio muestra con 11 días de fermentación
μ_{T0}: promedio muestra sin fermentación

Tabla 22. Resultado del ANOVA para el atributo sabor

ANÁLISIS DE VARIANZA — Existe diferencia significativa entre las medias

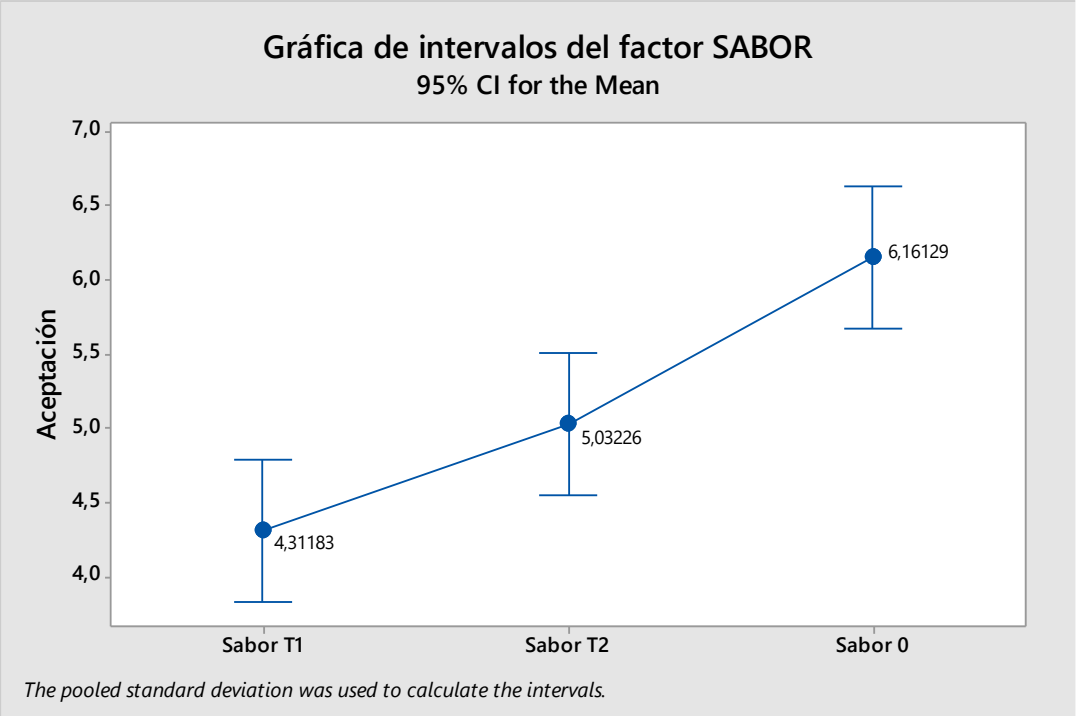
Origen de las variaciones	*Suma de cuadrados*	*Grados de libertad*	*Promedio de los cuadrados*	*F*	*Probabilidad*	*Valor crítico para F*
Entre grupos	161,6415771	2	80,82078853	14,72	8E-07	3,028484829
Dentro de los grupos	1515,44086	276	5,490727754			
Total	1677,082437	278				

Fuente: Elaboración propia

Dado que el valor de la probabilidad es menor al valor de significancia (P<α), no se acepta la hipótesis nula, es decir, no existe suficiente evidencia estadística para concluir que el promedio de las tres muestras son iguales en el atributo sabor.

Analizando individualmente los resultados de aceptación obtenidos para los tratamientos T1, T2 y T0 se obtiene la siguiente gráfica de intervalos:

Gráfico 7. Aceptación/Preferencia del sabor en los productos tipo chocolate elaborados con SLCBSR del T1, T2 y T0



Fuente: Elaboración propia

Según el gráfico anterior, el atributo de sabor del producto elaborado con SLCBSR obtenido en el T0 es el que presenta mayor aceptación por parte de los evaluadores con un promedio de 6,16. Este valor, en la escala de 9 puntos, representa un “me gusta levemente”.

En segundo lugar, el producto elaborado con SLCBSR obtenido en el T2, obtuvo un promedio de 5,03, representando un “ni me gusta ni me disgusta” en la escala de 9 puntos.

Por último, el producto que menos agradó fue el elaborado con SLCBSR del T1, con un promedio de 4,31, lo cual indica un “me disgusta levemente” en la escala de 9 puntos.

4.3.2. Aroma

El ANOVA para el atributo de aroma se presenta a continuación

Prueba de hipótesis

Ho: $\mu_{T1} = \mu_{T2} = \mu_{T0}$

H_1: Al menos una de las medias es diferente

α=0,05

μ_{T1}: promedio muestra con 7 días de fermentación
μ_{T2}: promedio muestra con 11 días de fermentación
μ_{T0}: promedio muestra sin fermentación

Tabla 23. Resultado del ANOVA para el atributo aroma

ANÁLISIS DE VARIANZA — Existe diferencia significativa entre las medias

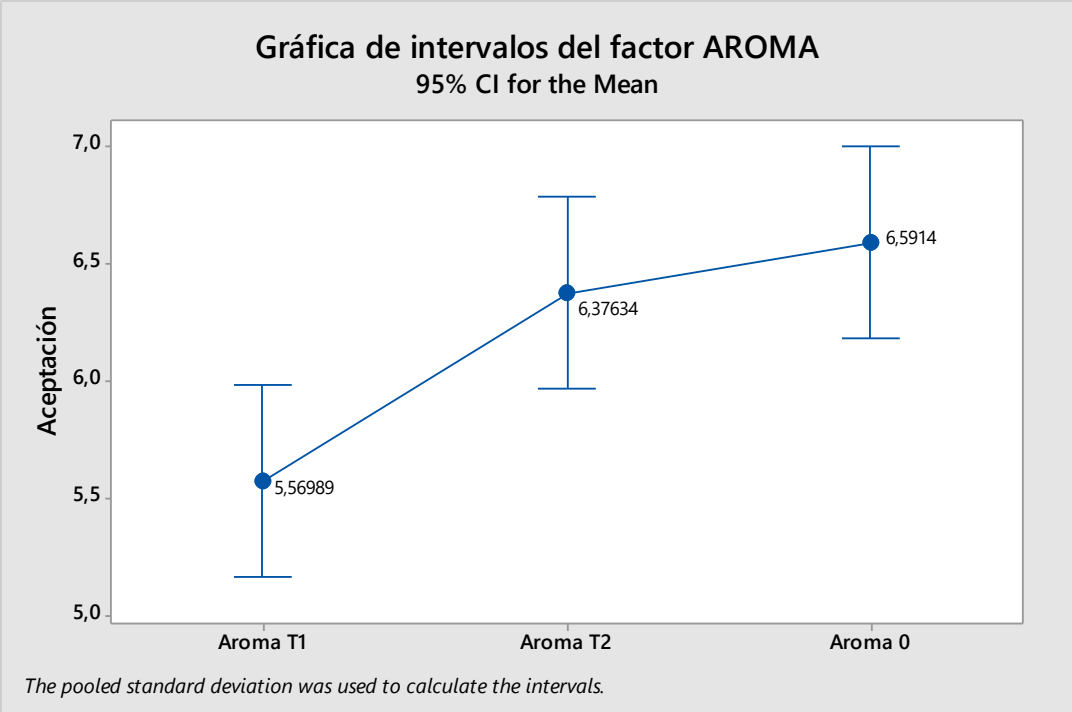
Origen de las variaciones	*Suma de cuadrados*	*Grados de libertad*	*Promedio de los cuadrados*	*F*	*Probabilidad*	*Valor crítico para F*
Entre grupos	53,94265233	2	26,97132616	6,640003069	0,001525849	3,028484829
Dentro de los grupos	1121,096774	276	4,061944834			
Total	1175,039427	278				

Fuente: Elaboración propia

Dado que el valor de la probabilidad es menor al valor de significancia (P<α), no se acepta la hipótesis nula; es decir, no existe suficiente evidencia estadística para concluir que el promedio de las tres muestras son iguales en el atributo de aroma.

Analizando individualmente los resultados de aceptación obtenidos para los tres tipos de fermentación se obtiene la siguiente gráfica de intervalos.

Gráfico 8. Aceptación/Preferencia del aroma en los productos tipo chocolate elaborados con SLCBSR del T1, T2 y T0



Fuente: Elaboración propia

Según el gráfico anterior, para al atributo aroma la muestra con SLCBSR del T0 es la que presenta mayor aceptación por parte de los evaluadores, con un promedio de 6,59. Este valor, en la escala de 9 puntos, representa un “me gusta levemente”.

En segundo lugar, el producto elaborado con SLCBSR obtenido en el T2, obtuvo un promedio de 6,38, representando un “me gusta levemente” en la escala de 9 puntos.

El producto que obtuvo menor calificación fue el que se elaboró con SLCBSR del T1, con un promedio de 5,60, lo cual indica un “ni me gusta ni me disgusta” en la escala de 9 puntos.

4.3.3. Color

El ANOVA para el atributo de color se presenta a continuación.

Prueba de hipótesis

Ho: $\mu_{T1} = \mu_{T2} = \mu_{T0}$

H_1: Al menos una de las medias es diferente

α=0,05

μ_{T1}: promedio muestra con 7 días de fermentación
μ_{T2}: promedio muestra con 11 días de fermentación
μ_{T0}: promedio muestra sin fermentación

Tabla 24. Resultado del ANOVA para el atributo color

ANÁLISIS DE VARIANZA — No existe diferencia significativa entre las medias

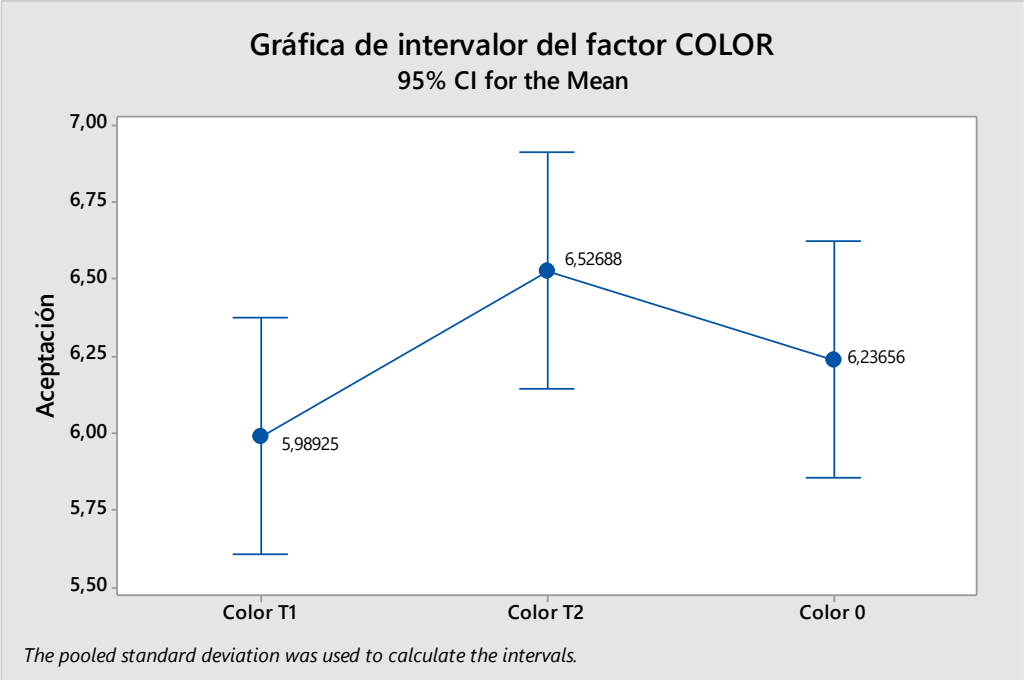
Origen de las variaciones	*Suma de cuadrados*	*Grados de libertad*	*Promedio de los cuadrados*	*F*	*Probabilidad*	*Valor crítico para F*
Entre grupos	13,46953405	2	6,734767025	1,898730284	0,151709671	3,028484829
Dentro de los grupos	978,9677419	276	3,546984572			
Total	992,437276	278				

Fuente: Elaboración propia

Dado que el valor de la probabilidad es mayor al valor de significancia (P>α), se acepta la hipótesis nula, es decir, existe suficiente evidencia estadística para concluir que el promedio de las tres muestras son iguales en el atributo color.

Analizando individualmente los resultados de aceptación obtenidos para los tres tipos de fermentación se obtiene la siguiente gráfica de intervalos

Gráfico 9. Aceptación/Preferencia del color en los productos tipo chocolate elaborados con SLCBSR del T1, T2 y T0



Fuente: Elaboración propia

Según el gráfico anterior, se concluye que la muestra con el T2 es la que presenta mayor aceptación con respecto al color, con un promedio de 6,53, indicando un “me gusta levemente” en la escala de 9 puntos. En segundo lugar, el producto con SLCBSR del T0 presentó un 6,24, lo cual significa un “me gusta levemente”. Por último, el T1 obtuvo un puntaje casi de 6,00 representando “me gusta levemente”.

4.3.4. Textura

El ANOVA para el atributo de textura se presenta a continuación

Prueba de hipótesis

Ho: $\mu_{T1} = \mu_{T2} = \mu_{T0}$

H_1: Al menos una de las medias es diferente

α=0,05

μ_{T1}: promedio muestra con 7 días de fermentación
μ_{T2}: promedio muestra con 11 días de fermentación
μ_{T0}: promedio muestra sin fermentación

Tabla 25. Resultado del ANOVA para el atributo textura

ANÁLISIS DE VARIANZA

No existe diferencia significativa entre las medias

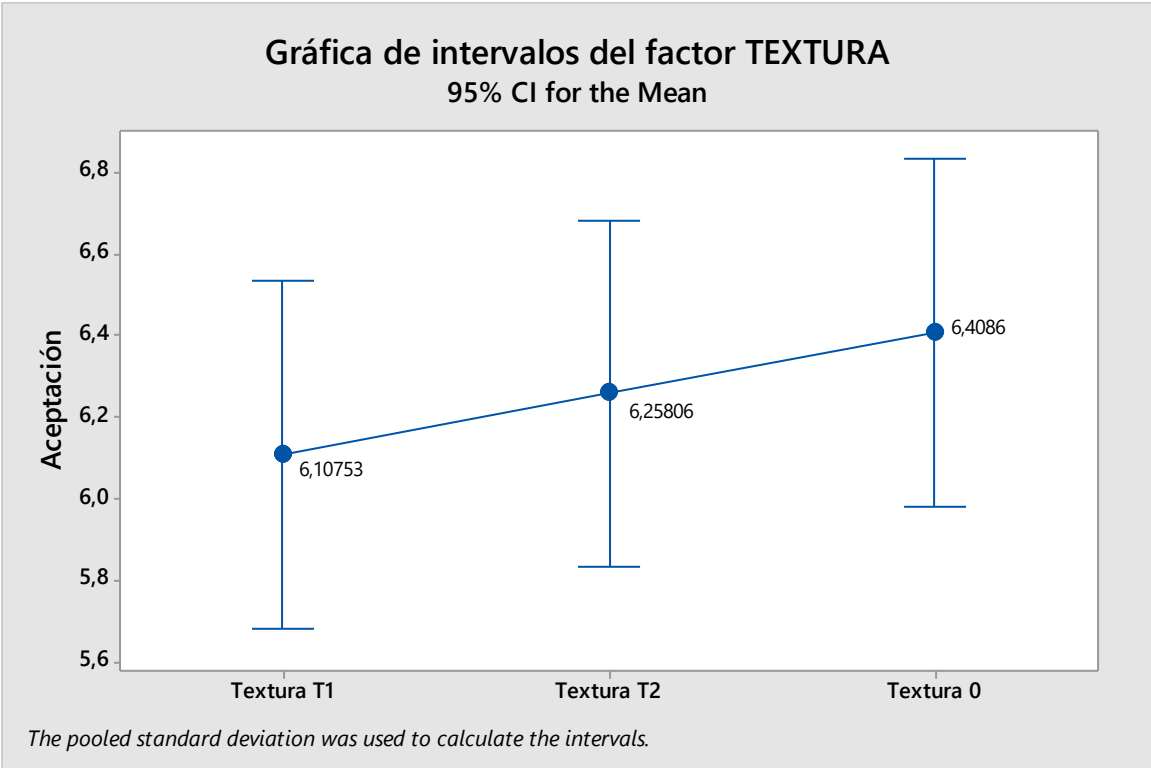
Origen de las variaciones	*Suma de cuadrados*	*Grados de libertad*	*Promedio de los cuadrados*	*F*	*Probabilidad*	*Valor crítico para F*
Entre grupos	4,215053763	2	2,107526882	0,482638021	0,617673054	3,028484829
Dentro de los grupos	1205,204301	276	4,36668225			
Total	1209,419355	278				

Fuente: Elaboración propia

Dado que el valor de la probabilidad es mayor al valor de significancia (P>α), se acepta la hipótesis nula, es decir, existe suficiente evidencia estadística para concluir que el promedio de las 3 muestras son iguales en el atributo textura.

Analizando individualmente los resultados de aceptación obtenidos para los tres tipos de fermentación se obtiene la siguiente gráfica de intervalos.

Gráfico 10. Aceptación/Preferencia de textura en los productos tipo chocolate elaborados con SLCBSR del T1, T2 y T0



Fuente: Elaboración propia

Según el gráfico anterior, el atributo textura de la muestra con el tratamiento T0 es la que presenta mayor aceptación por parte de los evaluadores con un promedio de aceptación de 6,40, es decir, un “me gusta levemente” en la escala de 9 puntos. Las muestras con T2 y T1 obtuvieron puntajes similares, con un 6,26 y un 6,11, respectivamente, indicando de la misma manera un “me gusta levemente” en la escala de 9 puntos.

4.3.5. Similitud con chocolate

El ANOVA para el atributo de similitud con chocolate se presenta a continuación.

Prueba de hipótesis

Ho: $\mu_{T1} = \mu_{T2} = \mu_{T0}$

H_1: Al menos una de las medias es diferente

α=0,05

μ_{T1}: promedio muestra con 7 días de fermentación

μ_{T2}: promedio muestra con 11 días de fermentación

μ_{T0}: promedio muestra sin fermentación

Tabla 26. Resultado del ANOVA para el atributo similitud con chocolate

Existe diferencia significativa entre las medias

ANÁLISIS DE VARIANZA

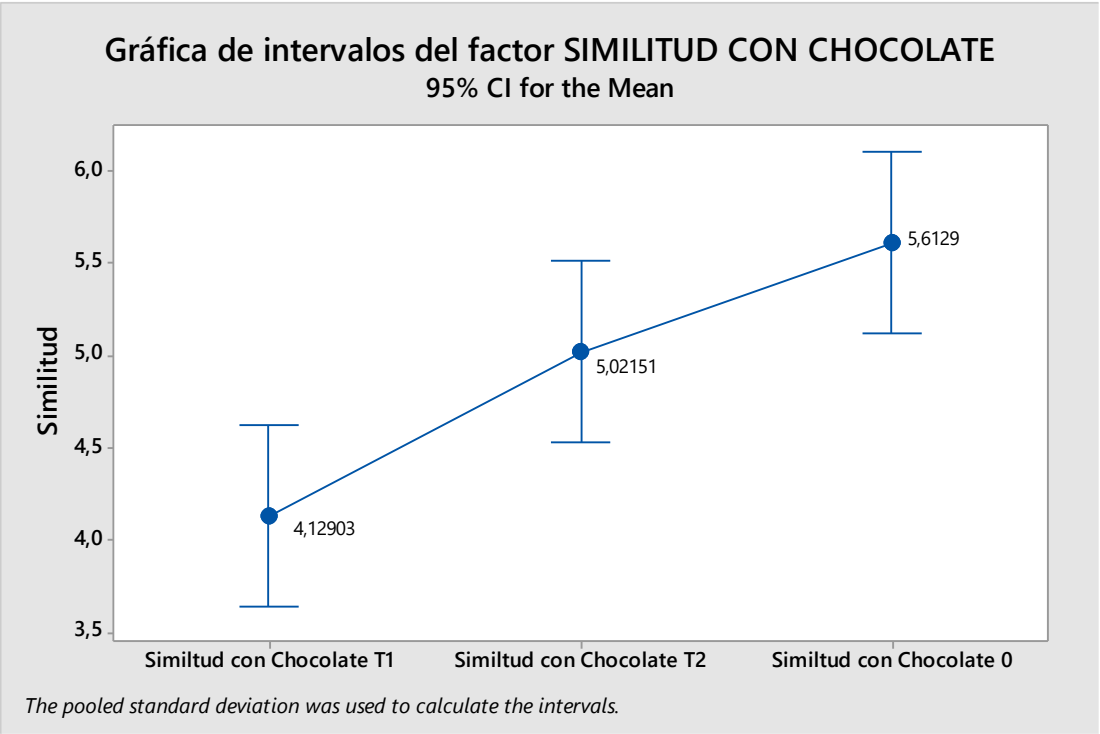
Origen de las variaciones	*Suma de cuadrados*	*Grados de libertad*	*Promedio de los cuadrados*	*F*	*Probabilidad*	*Valor crítico para F*
Entre grupos	103,7921147	2	51,89605735	8,904912159	0,000178773	3,028484829
Dentro de los grupos	1608,473118	276	5,827801153			
Total	1712,265233	278				

Fuente: Elaboración propia

Dado que el valor de la probabilidad es menor al valor de significancia (P<α), no se acepta la hipótesis nula, es decir, no existe suficiente evidencia estadística para concluir que el promedio de las 3 muestras son iguales en el atributo similitud con chocolate.

Analizando individualmente los resultados de aceptación obtenidos para los tres tipos de fermentación se obtiene la siguiente gráfica de intervalos.

Gráfico 11. Aceptación/Preferencia del atributo similitud con chocolate en los productos tipo chocolate elaborados con SLCBSR del T1, T2 y T0



Fuente: Elaboración propia

Según el gráfico anterior, se concluye que el atributo similitud con chocolate, el SLCBSR del T0 es el que presenta mayor similitud según los evaluadores con un promedio de similitud de 5,61, lo cual representa un "indiferente" en la escala de 9 puntos. En segundo lugar, el T2 presentó un promedio de 5,02, indicando un "indiferente". En último lugar con un promedio de 4,13, el T1 obtuvo un "levemente diferente" para este atributo.

De acuerdo con los datos obtenidos, se elaboró la siguiente tabla para sintetizar los resultados obtenidos en la evaluación sensorial de los productos tipo chocolate elaborados con SLCBSR de los tratamientos T1, T2 y T0.

Tabla 27. Resultados de aceptación/preferencia de los productos tipo chocolate elaborados con SLCBSR de los tratamientos T1, T2 y T0, obtenidos en la evaluación sensorial en consumidores

Mayores valores de aceptación/preferencia			
Atributo	**Valor**	**Categoría**	**Tratamiento**
Sabor	6,16	Me gusta levemente	T0
Aroma	6,59	Me gusta levemente	T0
Color	6,53	Me gusta levemente	T2
Textura	6,41	Me gusta levemente	T0
Similitud con chocolate	5,61	Indiferente	T0

Fuente: Elaboración propia

Respecto a los datos estadísticos expuestos anteriormente se concluye que la muestra con mayor aceptación en 4 de 5 de los atributos evaluados, en términos de promedio, es el producto elaborado con SLCBSR del T0, es decir, el que no recibió tratamiento de fermentación.

Estos resultados, como se ha mencionado antes, podrían atribuirse a condiciones inadecuadas durante la fermentación que propiciaron sabores y aromas indeseados para el consumidor, principalmente en el T1, el cual pudo presentar una fermentación incompleta. Asimismo, la utilización de una formulación de chocolate amargo pudo generar mayor impacto en el paladar del consumidor, ya que generalmente para sucedáneos de chocolate o productos tipo chocolate se utilizan ingredientes como leche, saborizantes, mayor cantidad de azúcar, u otros que minimizan la cantidad de cacao, provocando que los sabores dulces y adquiridos con estos ingredientes sean más aceptables por el consumidor.

Pese a esto, se obtuvieron calificaciones levemente aceptables, lo cual podría representar un potencial ingrediente en este tipo de productos, modificando y

controlando algunos factores en las diferentes etapas del proceso, así como variando los ingredientes y la cantidad de estos.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

1) El rambután puede ser un potencial sustituto de licor de cacao en la fabricación de chocolates, siempre y cuando se establezcan las mejores condiciones para cada una de las etapas de elaboración, ya que se observaron características sensoriales similares al cacao durante el procesamiento. Además, la etapa de fermentación es determinante para lograr obtener sustancias que establezcan mayor similitud con cacao, sin embargo, debe llevarse a cabo en las mejores condiciones ambientales y técnicas, a pesar de que sea un procedimiento muy empírico y espontáneo.

2) La semilla de rambután fermentada y sin fermentar, posee una composición proximal similar a la del cacao, con variaciones en la cantidad de grasa, proteína, humedad, cenizas, carbohidratos y perfil de ácidos grasos, pese a esto, podría utilizarse parcial o totalmente en la producción de chocolates o productos tipo chocolate, procurando que las diferentes etapas del procesamiento no modifiquen radicalmente esas características que lo asemejan al cacao.

3) Los atributos de sabor, aroma y similitud con chocolate de los productos tipo chocolate elaborados con los diferentes SLCBSR no presentaron suficiente evidencia estadística para determinar que son iguales entre ellos, por lo tanto, se concluye que los tratamientos T1, T2 y T0 modifican esas características sensoriales en los productos, mientras que los atributos de color y textura se muestran iguales para los tres productos. Además, se observó una preferencia del T0 en todos los atributos, con excepción del color, que fue favorecido en el T2.

5.2. Recomendaciones

1) Para realizar el proceso de fermentación es conveniente utilizar cajas o recipientes de un tamaño que se adecúe a la cantidad de semillas a fermentar, para evitar pérdida de calor.
2) Utilizar la semilla con una cantidad de pulpa menor, para evitar el exceso de líquido que interfiere en el proceso de fermentación.
3) Asegurase de que las condiciones ambientales favorezcan el proceso de fermentación y secado.
4) Realizar mediciones constantes de temperatura y pH durante la fermentación para garantizar que la acción microbiana sea la adecuada para la obtención del producto deseado.
5) Procurar medir el tamaño de las partículas después del proceso de molienda, y a la vez, mejorar esta operación para poder obtener un producto más fino y con la fase lipídica más expuesta.
6) Sustituir parcialmente el licor de cacao por SLCBSR en diferentes proporciones en la formulación de chocolates, para determinar resultados sensoriales, comportamiento en el temperado, estabilidad del producto, entre otros. Así como intentar utilizarlo en la formulación de chocolates con leche o algún otro producto tipo chocolate, ya sea aprovechando todos sus componentes o solo la fracción grasa.
7) Llevar a cabo un estudio de perfil sensorial del producto que permita determinar con mayor exactitud la comparación de características organolépticas con cacao, y a la vez con chocolate.
8) Realizar una operación de prensado del SLCBSR para separar la grasa y analizar más minuciosamente sus características físico-químicas y sensoriales y, así, establecer una relación más fundamentada con la manteca de cacao. Asimismo, se permitiría estudiar más detalladamente la fracción libre de grasa y aprovechar sus características en aplicaciones alimentarias.

9) Identificar los compuestos volátiles para comparar con mayor precisión la similitud de características de aroma y sabor existente entre rambután fermentado y cacao o chocolate.
10) Analizar el impacto en la salud del consumidor que puede generar el contenido de ácidos grasos de la grasa en la semilla de rambután.
11) Estudiar el polimorfismo y la cristalización de la grasa de semilla de rambután para determinar su similitud y compatibilidad con la manteca de cacao y la producción de chocolates.

BIBLIOGRAFÍA

Aguilar, H. (2016). *Manual para la evaluación de la calidad del grano de cacao*. Cortés, Honduras: FHIA. Recuperado de http://www.fhia.org.hn/dowloads/cacao_pdfs/Manual_para_la_Evaluacion_de_la_Calidad_del_Grano_de_Cacao.pdf

Alegría Vargas, E. (2015). *Evaluación de tratamientos previos al proceso de tostado de semillas de cacao para el diseño del área de producción de pasta de cacao (Theobroma cacao)*. (Proyecto previo a la obtención del título de ingeniera agroindustrial, Escuela Politécnica Nacional). Recuperado de http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/9130/3/CD-6084.pdf.

ARCR Administración S.A. (2016). Taste the tropics: Mamón Chino. [Versión electrónica] *El Residente*, Marzo/Abril 2016, pp. 11-12. Recuperado de https://issuu.com/el_residente/docs/residente2016-03

Arias Cruz, M.; Chaparro Zambrano, H.; Mateus Cagua, D.; Orduz Rodríguez, J. y Velázquez Ramírez, H. (2016). El rambután (Nephelium lappaceum), frutal asiático con potencial para Colombia: avances de la investigación en el piedemonte del Meta. *Revista Colombiana de Ciencias Hortículas* 10(2), pp. 263. Recuperado de http://www.scielo.org.co/pdf/rcch/v10n2/v10n2a07.pdf

Arias, M. y Calvo, I. (2014). *El cultivo de rambután o mamón chino.* San José, Costa Rica: MAG/ INTA/ FITTACORI. Recuperado de http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/a00353.pdf

Asociación Hondureña de Productores y Exportadores de Rambután AHPERAMBUTAN (2006). *Boletín Rambután*. Honduras. pp. 2 Recuperado de http://www.fhia.org.hn/dowloads/diversificacion_pdfs/br3.pdf

Bolívar, W. y Salinas, N. (2012). Ácidos grasos en chocolates y sus análogos*. An Venez Nutr*, 25(1), pp. 34-41. Recuperado de http://www.worldcocoafoundation.org/wp-content/uploads/files_mf/salinas2012genomicsphysiologyfattyacids292kb.pdf

Buchert, J. (Comunicación personal, julio 19, 2016)

Caballero Pérez, J.; Hernández Hernández, C. y Avendaño Arrazate, C. (2014). *La fermentación y el secado al sol de granos de cacao*. Chiapas, México: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación; Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias; y Centro de Investigación Regional Pacífico Sur. Recuperado de http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/bitstream/handle/123456789/4312/010208303400064409_CIRPAS.pdf?sequence=1

Cardona Velázquez, L. (2016). *Influencia del proceso de fermentación sobre las características de calidad del grano de cacao (Theobroma cacao)*. (Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia). Recuperado de http://bdigital.unal.edu.co/57686/1/43987710.2017.pdf

Carrillo Arvildo, B. (2011). *Influencia del tiempo de fermentado y método de secado solar en la calidad sensorial del licor de cacao (Teobroma cacao L.) clon CCN51*. (Tesis de Ingeniería, Universidad Nacional Agraria de La Selva).

Recuperado de http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/245/FIA-167.pdf?sequence=1yisAllowed=y

Casas Acevedo, A.; Aguilar González, C.; De la Garza Toledo, H. Morlett Chávez, J.; Montet, D. y Rodríguez Herrera, R. (2015). Importancia de las levaduras no-*Saccharomyces* durante la fermentación de bebidas alcohólicas. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. 65: 73-79. Recuperado de http://www.redalyc.org/pdf/674/67443217010.pdf

Castro Robayo, Z. (2010). *Caracterización del proceso de fermentación del grano de copoazú (Theobroma grandiflorum Willd. ex Spreng)*. (Trabajo de grado de Especialidad, Universidad de Colombia). Recuperado de http://www.bdigital.unal.edu.co/2388/1/107392.2010.pdf

CATIE y IICA. (2010). Cacao: Cadena de valor de Costa Rica. Turrialba, Costa Rica: CATIE: http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A7712E/A7712E.PDF

Celi Celi, J. y Veloz Olivares, T. (2014). *Evaluación del Comportamiento del Polirricinoleato de Poliglicerol en los Sucedáneos del Chocolate*. (Trabajo Final de Graduación de Ingeniería de Alimentos, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador). Recuperado de https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/89432/D-79897.pdf

Centro de Investigación y Desarrollo en Salud (CENSALUD). (s.f.). *Atemperar chocolate de manera sencilla*. Universidad de El Salvador. Recuperado de https://censalud.ues.edu.sv/CDOC-

Deployment/documentos/ATEMPERAR_CHOCOLATE_DE_MANERA_SENCILLA.pdf

Chávez Rodríguez, A.; Hernández Castro, M.; Mercado Pulido, R. y Palacios Ramos, T. (2008). *La importancia del chocolate en la gastronomía mexicana*. (Seminarrio de Licenciatura, Instituto Politécnico Nacional). Recuperado de https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/23256/TESINA%20LA%20IMPORTANCIA%20DEL%20CHOCOLATE%20EN%20LA%20GASTRONOMIA%20MEXICA.pdf?sequence=1yisAllowed=y

Chong, V. (2014). Temperado del chocolate. En Reportes de Investigación y Prácticas (Ed.). *Boletín Científico de las Ciencias Económico Administrativas del ICEA*. 2(4), México: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Recuperado de https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/icea/n4/p2.html

Clavijo Roa, S. (2014). *Determinación de ácidos grasos y triglicéridos en manteca de cacao por cromatografía de gases*. (Trabajo Especial de Grado, Universidad de Los Andes, Venezuela). Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/44396963_Determinacion_de_acidos_grasos_y_trigliceridos_en_manteca_de_cacao_por_cromatografia_de_gases_Sabrina_del_Sol_Clavijo_Roa

CODEX STAN 87. (2003). Norma para el chocolate y los productos del chocolate. Recuperado de www.fao.org/input/download/standards/67/CXS_087s.pdf

CODEX STAN 141-1983 (2014). Norma para el cacao en pasta (licor de cacao/chocolate) y torta de cacao. Recuperado de http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-

proxy/en/?lnk=1yurl=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCODEX%2BSTAN%2B141-1983%252FCXS_141s.pdf

Codini, M.; Díaz Vélez, F.; Ghirardi, M. y Villavicencio, I. (2004). Obtención y utilización de la manteca de cacao. INVENIO. 7(12), pp 143-148. Recuperado de http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=87701213

Cuamba Gaona, R. (2008). *Caracterización de grasas alternativas de la manteca de cacao*. (Tesis de Maestría, Instituto Politécnico Nacional). Recuperado de https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/4242/CARACTERIZGRASAS.pdf?sequence=1yisAllowed=y

Daza Safadi, C. y Tapia Román, E. (2017). *Diseño de procesos poscosecha y evaluación de la fermentación mediante levaduras para el cacao nacional*. (Trabajo de Titulación para Ingeniería Agroindustrial y de Alimentos, Universidad de las Americas, Ecuador). Recuperado de http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/7506/1/UDLA-EC-TIAG-2017-22.pdf

Diaz Inocencio, D. (2017). *Manual del Laboratorio de Bromatología*. Veracruz, México: Universidad Veracruzana. Recuperado de https://www.uv.mx/pozarica/cba/files/2017/09/MANUAL-DE-BROMATOLOGIA-2017.pdf

Echeverri Rodríguez, J. (2013). *Tecnología moderna en la producción de cacao: manual para productores orgánicos*. San José, C.R.: Ministerio de Agricultura y

Ganadería. Recuperado de http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-10551(3).pdf

Egas Chávez, M. (2015). *Evaluación y análisis técnico financiero del proceso de prensado de licor de cacao (Theobroma cacao) para la obtención de manteca y polvo de cacao*. (Proyecto de Ingeniería Agroindustrial, Escuela Politécnica Nacional). Recuperado de http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/11477/1/CD-6485.pdf

Eiamwat, J.; Wanlapa, S.; Sematong, T.; Reungpatthanapong, S.; Phanthanapatet, W. y Hankhuntod, N. (2015). Rambutan (Nephelium lappaceum) Seed Flour Prepared by Fat Extraction of Rambutan Seeds with SC-CO2. *The International Conference on Herbal and Traditional Medicine*, 1(28-30) 138-146. Recuperado de https://tci-thaijo.org/index.php/IJPS/article/view/39670/32771

Espinoza Osorio, M. (2011). *Fermentación de cacao (Theobroma cacao L.) tipo criollo en diferentes tipos de fermentadores en sector La Unión Río Negro*. (Tesis de Ingeniería, Universidad Nacional del Centro del Perú). Recuperado de http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/1899/Espinoza%20Osorio.pdf?sequence=1yisAllowed=y

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2013, agosto, 12). *FAO y UCR desarrollan nuevos productos alimenticios a partir del Frijol y el Rambután* [Web log post]. Recuperado de http://www.fao.org/americas/noticias/ver/pt/c/230251/

Febrianto, N.; Issara, U.; Yang, T. y Wan, W. (2014). Thermal Behavior, Microstructure, and Texture Properties of Fermented-Roasted Rambutan Seed Fat and Cocoa Butter Mixtures. *Pelita Perkebunan*, 30(1), 65-79. Recuperado de http://www.academia.edu/22024505/Thermal_Behavior_Microstructure_and_Texture_Properties_of_Fermented-Roasted_Rambutan_Seed_Fat_and_Cocoa_Butter_Mixtures.

Febrianto, N.; Yang, T. y Wan, W. (2016). Cocoa-like flavor compound development of rambutan seed fat as the effect of fermentation and roasting. *International Food Research Journal*, 23 (5), 2166-2174. Recuperado de http://www.ifrj.upm.edu.my/23%20(05)%202016/(44).pdf

García Velázquez, C. y Méndez Tino, J. (2015). *Caracterización proximal y sensorial de un producto elaborado de la semilla de rambután (Nephelium lappaceum)*. (Tesis de Licenciatura, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas). Recuperado de https://repositorio.unicach.mx/bitstream/20.500.12114/642/1/ALI%20664.028%20G37C%202015.pdf

González, V.; Rodeiro, C.; Sanmartín, C. y Vila, S. (2014). *Introducción al Análisis Sensorial: Estudio hedónico del pan en el IES Mugardos*. España: Sociedade Galega para a Promoción da Estatística e da Investigación de Operacións (SGAPEIO). Recuperado de http://www.seio.es/descargas/Incubadora2014/GaliciaBachillerato.pdf

González Muñoz, Y.; Palomino, Camargo. y Pérez Sira, E. (2012). Factores que inciden en la calidad sensorial del chocolate. *Actualización en Nutrición,* 13(4), pp. 314-331. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/236606348de

Guerrero Albán, B. (2006). *Diseño del sistema de esterilización experimental en la obtención del licor de cacao*. (Tesis de Ingeniería de Alimentos, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador). Recuperado de https://es.scribd.com/document/363399291/Licor-de-Cacao

Hajar, N.; Mohamad, N.; Tokiman, A.; Munawar, N.; Abdul Rahim, H.; Sani, N. et al (2017). Physicochemical Properties of rambutan seed fat. *Journal of Academia UiTM Negeri Sembilan* 5 (2017), 82-91. Recuperado de https://nsembilan.uitm.edu.my/joacns/images/v5_n1/pdf/NadyaHajar_5_1_A10.pdf

Hernández Alarcón, E. (2005). *Evaluación Sensorial*. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD). Recuperado de http://www.inocua.org/site/Archivos/libros/m%20evaluacion%20sensorial.pdf

Illescas, J.; Bacho, O. y Ferrer, S. (2007). Análisis de los principales frutos tropicales comercializados. Mercasa, España. pp 78. Recuperado de http://www.mercasa.es/files/multimedios/1288280121_DYC_2007_95_33_85.pdf

Instituto Interamericano de la Cooperación para la Agricultura Representación del IICA en Nicaragua (2007). Guía Práctica para la Exportación a EE.UU: Rambután. Managua, Nicaragua: IICA. Recuperado de http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A4752e/A4752e.pdf

Issara, U.; Zzaman, W. y Yang, T.A. (2013). Rambutan seed fat as a potential source of cocoa butter substitute in confectionary product. *International Food Research Journal*, 21(1), 25-31. Recuperado de

http://www.ifrj.upm.edu.my/21%20(01)%202014/3%20IFRJ%2021%20(01)%202014%20Tajul%20262.pdf

Jácome Lagla, W. (2015). *Diseño de una planta de elaboración del chocolate negro y chocolate con leche a partir de licor de cacao*. (Proyecto de Ingeniería Industrial, Escuela Politécnica Nacional, Ecuador). Recuperado de http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/12608/1/CD-6670.pdf

Jiménez Paneque, R. (1998). *Metodología de la Investigación: Elementos básicos para la investigación clínica*. Ed. Ciencias Médicas, La Habana. Recuperado de http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/bioestadistica/metodologia_de_la_investigacion_1998.pdf

Kalvatchev, Z.; Garzaro, D. y Guerra Cedezo, F. (1998). Theobroma cacao L.: Un nuevo enfoque para nutrición y salud. *Agroalimentaria*, 1998 (6), 23-25. Recuperado de https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3233588.pdf

Khairy, H.; Saadoon, A.; Zzaman, W.; Yang, T. y Mat, A. (2018). Identification of flavor compounds in rambutan seed fat and its mixture with cocoa butter determined by SPME-GCMS. *Journal of King Saud University – Science*, 30 (2018), 316-323. Recuperado de https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1018364716306486

Lambert, S. (s.f.). *Fermentación del cacao – Aspectos generales*. [Presentación Power Point]. El Salvador: Mars, Inc. 38 diapositivas. Recuperado de https://censalud.ues.edu.sv/CDOC-Deployment/documentos/19_Fermentacion_del_Cacao.pdf

Laurent Lostalo, J. (2011). *Competitividad de la Agrocadena de Fruta Fresca de Rambután (Nephelium lappacceum L.). en Costa Rica*. (Informe final: Universidad Estatal a Distancia). Recuperado de http://www.academia.edu/8488290/Agrocadena_de_rambut%C3%A1n_en_costa_rica

Macedo-Márquez, A. (2012). La producción de Especies Reactivas de Oxígeno (EROs) en las mitocondrias de *Saccharomyces cerevisiae*. *Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 15(2), pp. 97-103. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/pdf/tip/v15n2/v15n2a3.pdf

Ministerio de Agricultura y Ganadería MAG (2010). *Plan estratégico de la cadena productiva de rambután*. Costa Rica. Recuperado de http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/E70-4288.pdf

Miranda Lara, G. (2011). *Evaluación del proceso de secado de granos de cacao fermentado, en un secador de bandejas con convección forzada de aire*. (Trabajo de Grado de Ingeniería Química, Universidad de Oriente). Recuperado de http://ri.bib.udo.edu.ve/handle/123456789/1578?mode=full

Montoya Buitrago, J. (2003). *Estudio de la formación de Bloom en el chocolate mediante técnica de difracción de rayos X*. (Trabajo de grado de Ingeniería Química, Universidad de Colombia). Recuperado de http://bdigital.unal.edu.co/1058/1/jhonjavermontoyabuitrago.2003.pdf

Ortiz de Bertorelli, L.; Graziani de Fariñas, L. y Rovedas, G. (2009). Influencia de varios factores sobre características del grano de cacao fermentado y secado al sol. *Agronomía Tropical*. 59(2), pp. 119-127. Recuperado de http://www.sian.inia.gob.ve/revistas_ci/Agronomia%20Tropical/at5902/pdf/ortiz_l.pdf

Pacheco, C. (2012). *Cinética de la interesterificación enzimática de aceites vegetales*. (Tesis de Doctorado, Universidad Nacional del Sur). Recuperado de http://repositoriodigital.uns.edu.ar/handle/123456789/470.

Pérez Beltrán, M. (2011). Guía de buenas prácticas de cosecha, fermentación y secado para la producción de cacaos especiales. *Colombia exporta cacaos finos y especiales (Coexa)*. Recuperado de https://www.swisscontact.org/fileadmin/user_upload/COUNTRIES/Colombia/Documents/Guia_de_buenas_practicas_de_poscosecha.pdf.

Pineda, R.; Chica, M.; Echeverri, L.; Ortiz, A.; Olarte, H. y Riaño, N. (2012). Influencia de la fermentación y el secado al sol sobre las características del grano de cacao TSH 565 E ICS 60. Vitae. 19(1), pp. S288-S290. Recuperado de http://www.redalyc.org/pdf/1698/169823914088.pdf

Plua Cuesta , J. (2008). Diseño de una línea procesadora de pasta de cacao artesanal. *Revista Tecnológica ESPOL.* Recuperado de https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/2400/1/4740.pdf

Portillo Páez, E. y Portillo, A. (2012). *Características químicas del cacao criollo (Theobroma cacao L)*. Venezuela: Universidad de Zulia. Recuperado de http://www.postgradovipi.50webs.com/archivos/agrollania/2013/agro4.pdf

Promotora del Comercio Exterior en Costa Rica PROCOMER (2017, junio13). *El rambután está dejando de ser percibido como un producto étnico en EEUU* [Web log post]. Recuperado de https://www.procomer.com/es/alertas-comerciales/el-rambutan-esta-dejando-de-ser-percibido-como-un-producto-etnico-en-eeuu

Quirós Martínez, M. (2016). *Factibilidad técnica de la elaboración de un chocolate con leche de cabra y evaluación de sus características físico-químicas y sensoriales*. (Investigación Dirigida de Licenciatura, Universidad de Costa Rica). Recuperado de http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/3883/1/40154.pdf

Ramírez López, G. (2008). *Expresión analítica de los componentes de los alimentos*. Colombia: Universidad de Antioquia. Recuperdo de http://aprendeenlinea.udea.edu.co/lms/moodle/file.php/424/Notas_de_Expresion_analitica_de_los_componentes_de_los_alimentos_2008.pdf

Ramírez Navas, J. (2012*). Análisis sensorial: Pruebas orientadas al consumidor*. Colombia: Universidad del Valle. Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Juan_Ramirez-Navas/publication/257890512_Analisis_sensorial_pruebas_orientadas_al_consumidor/links/00b495260e24536e05000000/Analisis-sensorial-pruebas-orientadas-al-consumidor.pdf

Rivera Fernández, R.; Mecías Gallo, W.; Guzmán Cedeño, A.; Peña Galeas, M.; Medina Quinteros, H.; Casanova Ferrin, L.; y et. al. (2012). Efecto del tipo y tiempo de fermentación en la calidad física y química del cacao (*Theobroma cacao L*) tipo nacional. Artículo científico en Ciencia y Tecnología 5(1), pp. 7-12. Recuperado de https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4149700.pdf

Rohsius, C. (2013). *Processing: Fermentation* [Presentación Power Point] Rausch Plantagenkakao Seminar. 30 diapositivas.

Romero, C. y Zambrano, A. (2012). Análisis de azúcares en pulpa de cacao por colorimetría y electroforesis capilar. *Revista Científica UDO Agrícola*, 12 (4), pp. 906-913. Recuperado de http://www.bioline.org.br/pdf?cg12103

Sabino, C. (1992). *El proceso de investigación*. Caracas, Venezuela: Ed. Panapo. Recuperado de http://paginas.ufm.edu/sabino/word/proceso_investigacion.pdf

Saborío, D. (2006). Manejo Poscosecha del Rambután. San José, CR: Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria, y Agencia Española de Cooperación Internacional. Recuperado de http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/AV-0843.PDF

Sánchez Ramírez, C. (2010). *El chocolate amargo en la cocina cuencana actual, nuevas recetas*. (Tesis de Licenciatura, Universidad de Cuenca, Ecuador). Recuperado de http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/1550/1/tgas5.pdf

Severiche, L. (2008). *Caracterización y procesamiento del chocolate*. Colombia: Servicio Nacional de Aprendizaje SENA.

Solís, A. (2016). Descripción de la situación actual sobre el uso y consumo, perfil sensorial y grado de aceptación del queso seco tradicional elaborado en la región Huetar Norte y región Chorotega de Costa Rica. Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica

Soriano del Castillo, J. (2006). *Nutrición básica humana*. España: Universitat de Valencia.

Soriano Miranda, Y. (2010). *Propuesta de la aplicación de diseño de experimentos, para aumentar el nivel de vida y brillo en el chocolate obscuro en una empresa chocolatera*. (Tesis de Maestría, Instituto Politécnico Nacional. México). Recuperado de http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/10230/358.pdf?sequence=1yisAllowed=y

Steinau Dueñas, I.; González Rosales, S. y Castañeda de Abrego V. (s.f.). Evaluación de la incidencia de la fermentación en la calidad del grano de cacao trinitario en Caluco, Sonsonate, El Salvador. *Agrociencia*. Año I, N° 1. Recuperado de http://ri.ues.edu.sv/14544/1/1.pdf

Sukha, D.A. (2016). *Protocolos para calidad del cacao: análisis del estado actual de la industria*. Honduras: Universidad de las Antillas. Recuperado de http://infocafes.com/portal/wp-content/uploads/2017/02/protocolos_calidad_cacao.pdf

Teneda, W. (2016). *Mejoramiento del Proceso de Fermentación del Cacao (Theobroma cacao L.) Variedad Nacional y Variedad CCN51*. Recuperado de dspace.unia.es/bitstream/handle/10334/3743/2016_978-84-7993-319-7.pdf

Torres, M. (2012). *Influencia de las características y procesado del grano de cacao en la composición físico-química y propiedades sensoriales del chocolate negro*.

Universitat Rovira I Virgili. Reus. Recuperado de http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/80743/Tesi_%20MTM_2012.pdf;jses

Tortora, G.; Funke, B. y Case, C. (2007). *Introducción a la Microbiología* (9ª ed.). Buenos Aires: Médica Panamericana. Recuperado de https://books.google.co.cr/books?redir_esc=yyhl=esyid=Nxb3iETuwpICyq=acidos+grasos#v=onepageyq=lipasas%20yf=false

Universidad de Costa Rica (2017) *Coma rambután de manera diferente*. [Web log post] UCR. Recuperado de https://www.ucr.ac.cr/noticias/2017/09/07/coma-rambutan-de-forma-diferente.html

Valdez Giler, M. (2014). *Lixiviación de la semilla de rambután como método de extracción de aceite, análisis y caracterización de la misma para su uso industrial*. (Tesis de Ingeniería Química, Universidad de Guayaquil, Ecuador). Recuperado de http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/7209/1/VALDEZ.pdf

Valdivia, R. (2015). *Fundamentos del secado de cacao*. Ecuador: Universidad de Guayaquil. Recuperado de https://cacaofcaug.files.wordpress.com/2015/08/fundamentos-del-secado-del-cacao.pdf

Valenzuela, A. (2007). El chocolate, un placer saludable. *Revista Chilena de Nutrición*, 34(3), 1-20. Recuperado de http://www.redalyc.org/pdf/469/46934302.pdf

Varas Acuña, C. (2010). *Aplicación de metodología DMAIC para la mejora de procesos y reducción de pérdidas en las etapas de fabricación de chocolate*. (Tesis de Ingeniería de Alimentos, Universidad de Chile). Recuperado de http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/111645/varas_ca.PDF?sequence=1

Vargas, A. (2003). Descripción morfológica y nutricional del fruto de rambután (Nephelium Lappaceum). *Agronomía Mesoamericana, Universidad de Costa Rica*, 14(2), 201-206. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/26507443_Descripcion_morfologica_y_nutricional_del_fruto_de_Rambutan_nephelium_lappaceum

Vega Pineda, F.; Rodríguez Campos, J.; Escalona Buendía, H. y Lugo Cervantes, E. (2016). Optimización del proceso de tostado de Theobroma cacao var. Criollo en función del perfil cromatográfico. *Memorias del XXXVII Encuentro Nacional de la AMIDIQ*. Recuperado de https://ciatej.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1023/417/1/Optimizaci%C3%B3n%20del%20proceso%20de%20tostado.pdf

Vital López, P. y Larralde Corona, C. (2016). Respuestas metabólicas al estrés de levaduras de importancia industrial. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. Número 67: 86-91. Recuperado de http://www.redalyc.org/html/674/67446178012/

Zapata Bustamante, S.; Tamayo Tenorio, A. y Rojano, B. (2015). Efecto del Tostado Sobre los Metabolitos Secundarios y la Actividad Antioxidante de Clones de Cacao Colombiano. *Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín* 68(1): 7497-7507. Recuperado de http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v68n1/v68n1a11.pdf

Zzaman, W.; Issara, U.; Febrianto, N. y Yang, T. (2014). Fatty acid composition, rheological properties and crystal formation of rambutan fat and cocoa butter. *International Food Research Journal*, 21(3): 1019-1023. Recuperado de http://www.ifrj.upm.edu.my/21%20(03)%202014/25%20IFRJ%2021%20(03)%202014%20Yang%20650.pdf

ANEXOS

Anexo 1. Hoja de evaluación sensorial, prueba de agrado/preferencia

HOJA DE EVALUACION SENSORIAL – PRUEBA DE AGARADO/PREFERENCIA

Número de cuestionario: _____ Fecha: _____

Sexo: F ( ) M ( ) Edad: _____

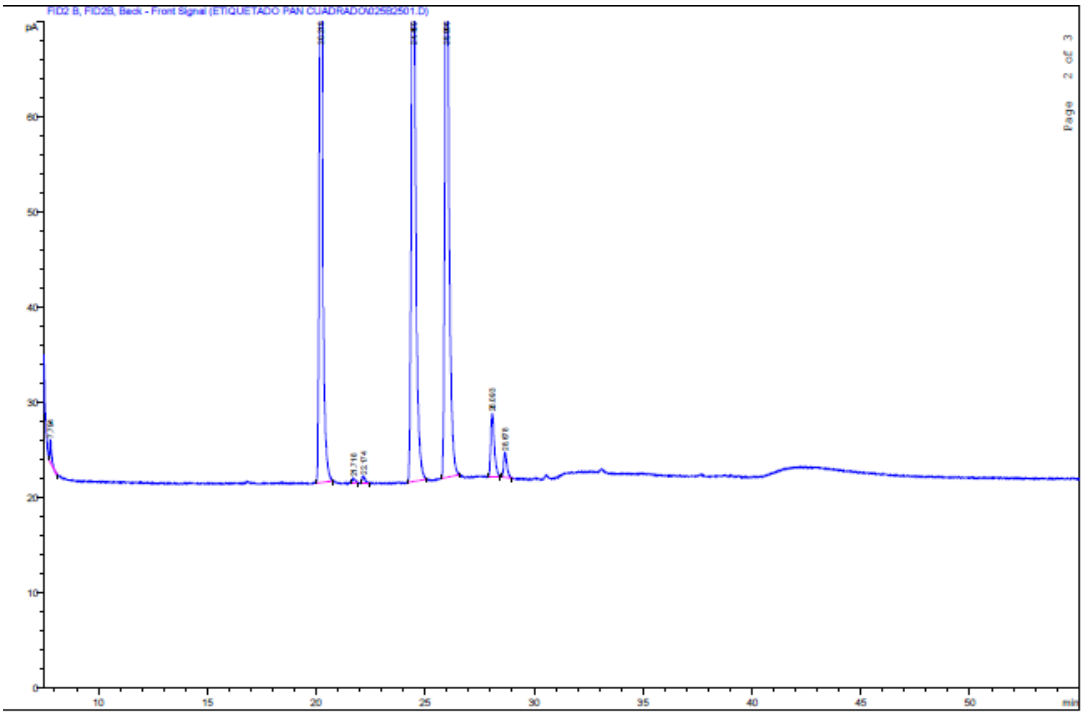
A continuación se le van a entregar tres muestras de una golosina tipo chocolate, por favor observe y pruebe cada una de ellas, en un orden de izquierda a derecha. Indique el grado en que le gusta o le disgusta cada atributo de cada muestra, de acuerdo al puntaje/categoría, escribiendo el número correspondiente en la línea del código de la muestra. Para el último atributo, por favor indicar el nivel de semejanza que encuentre con el chocolate, utilizando el puntaje/categoría asignado específicamente para éste.

Puntaje	Categoría	
		*Aplica para el último atributo
1	Me disgusta extremadamente	Extremadamente diferente
2	Me disgusta mucho	Muy diferente
3	Me disgusta moderadamente	Moderadamente diferente
4	Me disgusta levemente	Levemente diferente
5	No me gusta ni me disgusta	Indiferente
6	Me gusta levemente	Levemente parecido
7	Me gusta moderadamente	Moderadamente parecido
8	Me gusta mucho	Muy parecido
9	Me gusta extremadamente	Extremadamente parecido

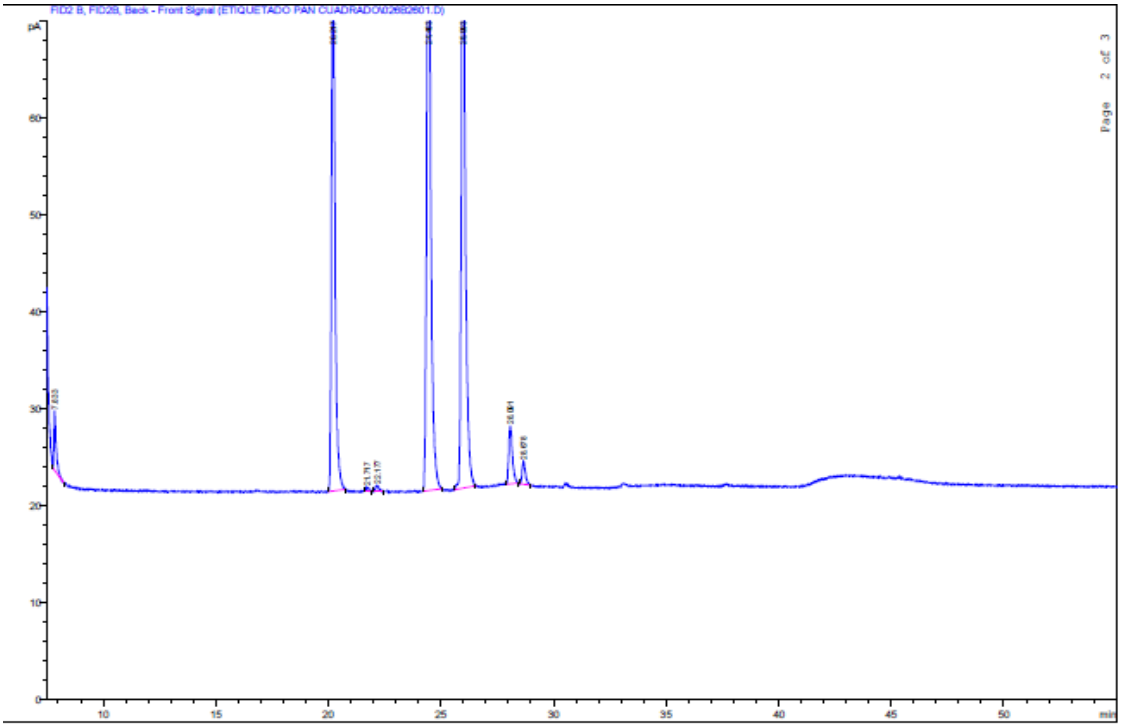
Código	Calificación para cada atributo				
	Sabor	Aroma	Color	Textura	*Parecido al chocolate

¡Muchas gracias por su colaboración!

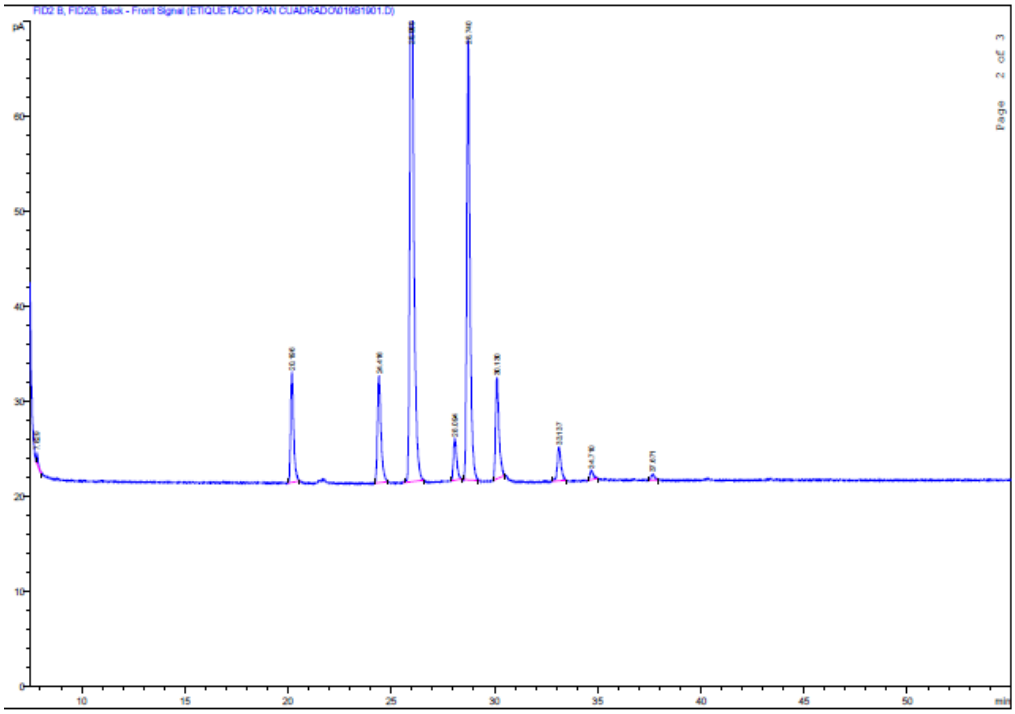
Anexo 2. Cromatograma de perfil de ácidos grasos de licor de cacao, réplica 1



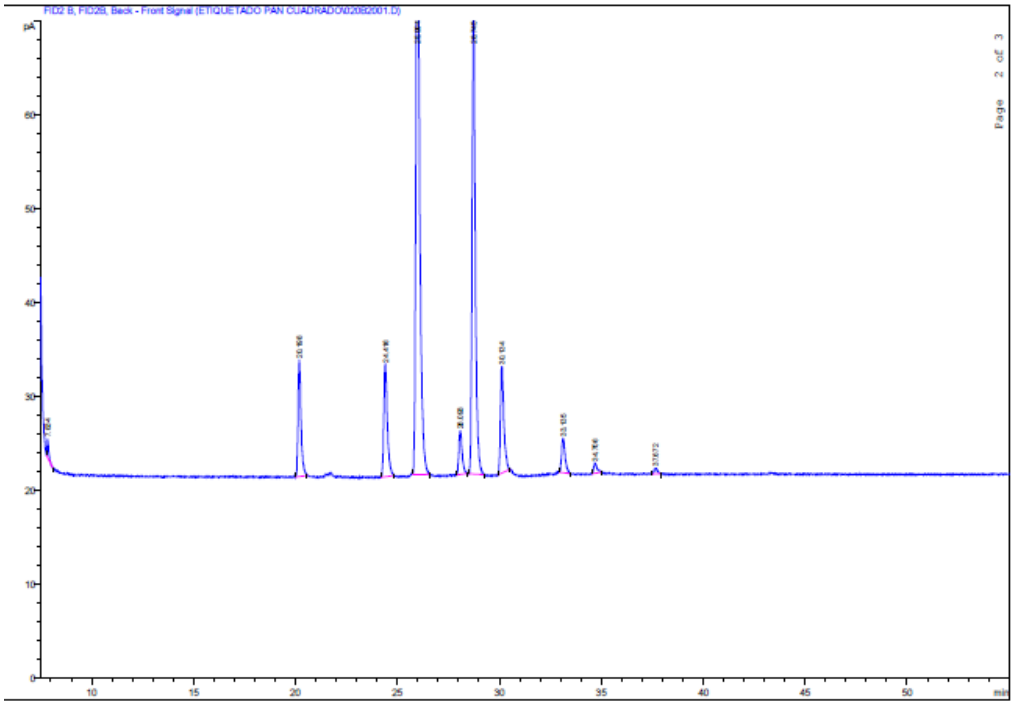
Anexo 3. Cromatograma de perfil de ácidos grasos de licor de cacao, réplica 2



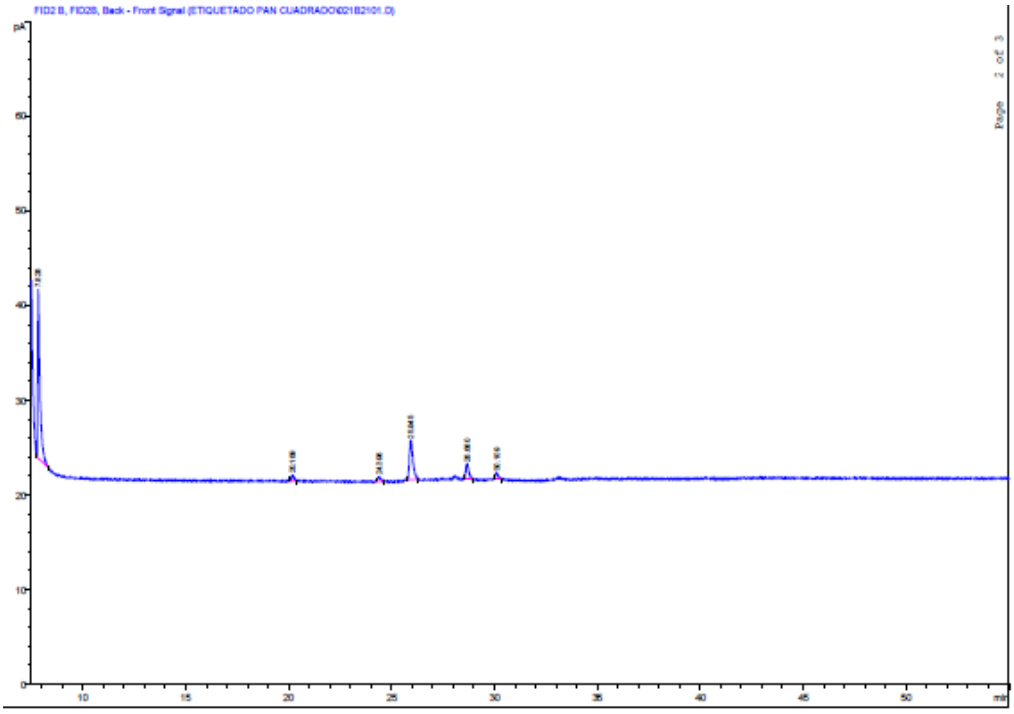
Anexo 4. Cromatograma de perfil de ácidos grasos SLCBSR T0, réplica 1



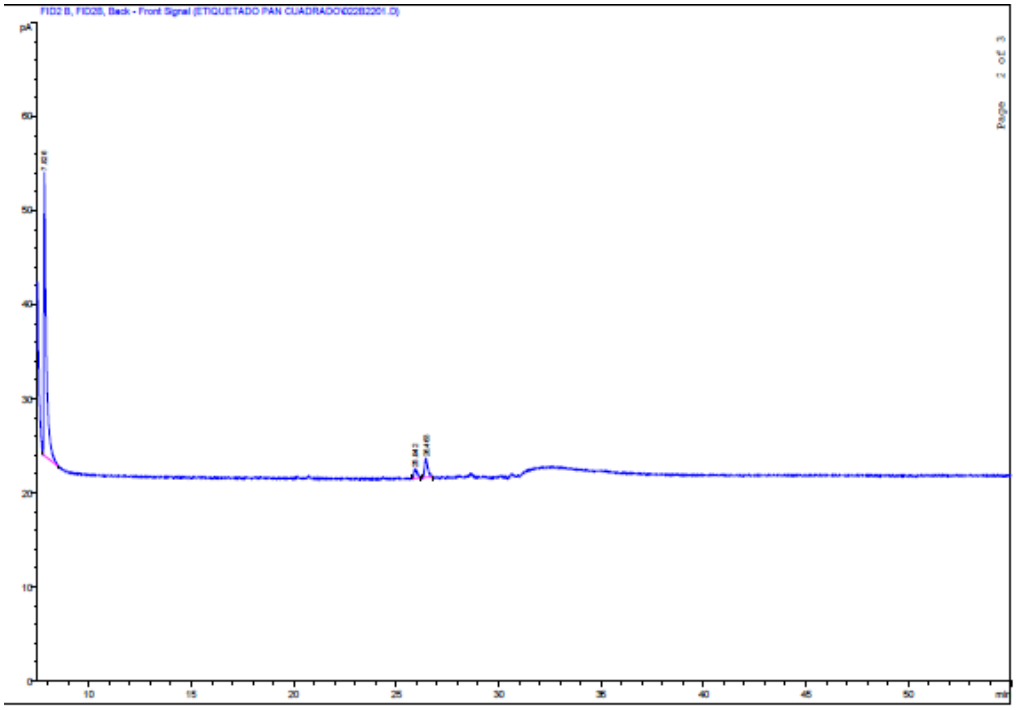
Anexo 5. Cromatograma de perfil de ácidos grasos SLCBSR T0, réplica 2



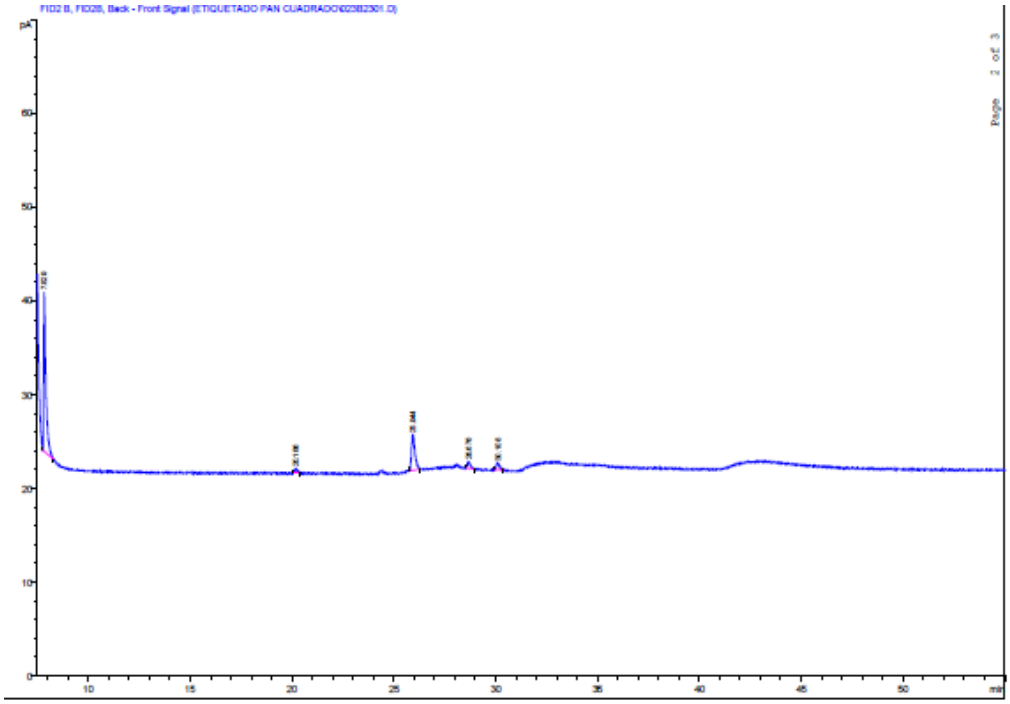
Anexo 6. Cromatograma de perfil de ácidos grasos SLCBSR T1, réplica 1



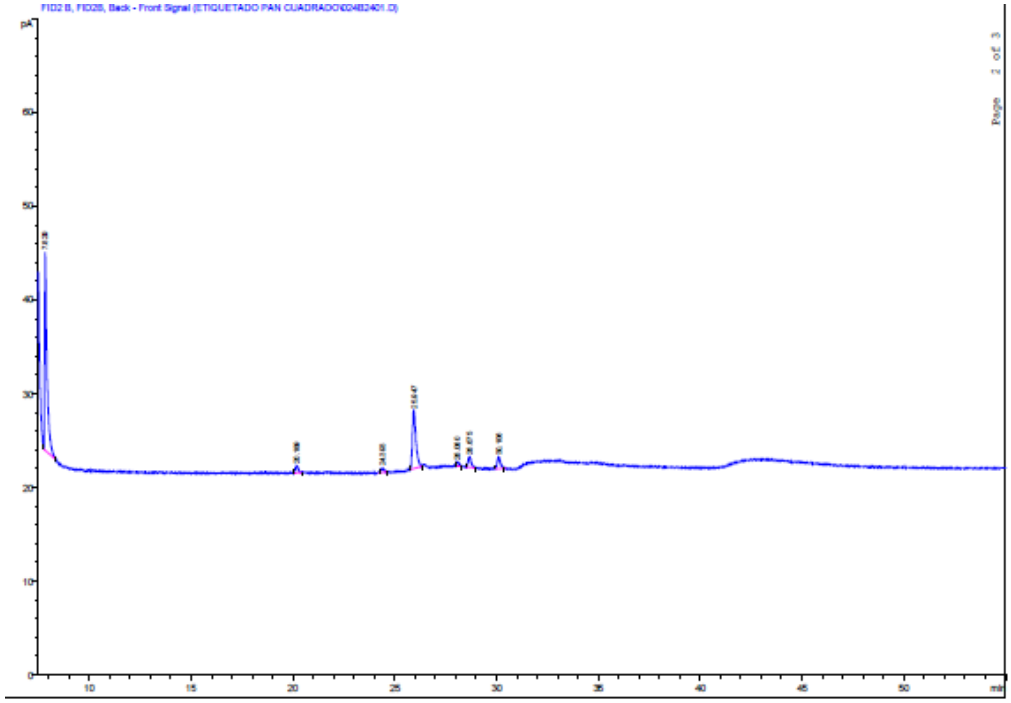
Anexo 7. Cromatograma de perfil de ácidos grasos SLCBSR T1, réplica 2



Anexo 8.Cromatograma de perfil de ácidos grasos SLCBSR T2, réplica 1



Anexo 9. Cromatograma de perfil de ácidos grasos SLCBSR T2, réplica 2



Astrid Quirós Granados

Filología U.C.R

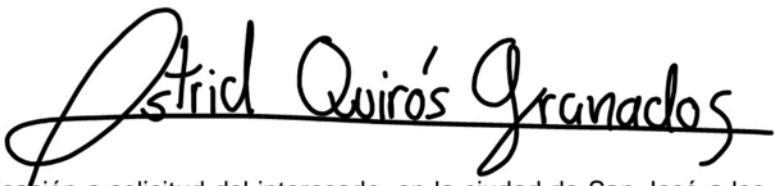
A quien interese:

Yo, Astrid Quirós Granados, Filóloga de la Universidad de Costa Rica; con cédula de identidad 3-438-182, inscrita en el Colegio Licenciados y Profesores, con el carné N° 80791 y en la Asociación Costarricense de Filólogos, con el carné N° 0096, hago constar que he revisado el trabajo y sus conclusiones. Y he corregido en él, los errores encontrados en redacción, ortografía, gramática y sintaxis. El trabajo se titula:

EVALUACIÓN FÍSICO-QUÍMICA Y SENSORIAL DE UN SUSTITUTO DE LICOR DE CACAO Y UN PRODUCTO TIPO CHOCOLATE ELABORADO A PARTIR DE SEMILLAS DE RAMBUTÁN (*Nephelium lappaceum), APLICANDO DOS TRATAMIENTOS DE FERMENTACIÓN Y EL PROCEDIMIENTO TRADICIONAL DEL CACAO PARA LA OBTENCIÓN DE CHOCOLATES*

MÓNICA LUCÍA ACOSTA ALPÍZAR

KARINA JIMÉNEZ GONZÁLEZ



Se extiende la presente certificación a solicitud del interesado, en la ciudad de San José a los cinco días del mes de enero del dos mil diecinueve. La filóloga no se hace responsable de los cambios que se le introduzcan al trabajo posterior a su revisión.

Teléfono: 8315 95 27 Correo: asqui24@hotmail.es