



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

**Elaboración de un chocolate (*Theobroma cacao*) con reemplazo
parcial de manteca de cacao por grasa de Copoazú (*Theobroma
grandiflorum*)**

Jaime Tique Tique

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias Agrarias
Posgrado en Ciencia y Tecnología de Alimentos
Bogotá D. C. Colombia
2024

Elaboración de un chocolate (*Theobroma cacao*) con reemplazo parcial de manteca de cacao por grasa de Copoazú (*Theobroma grandiflorum*)

Jaime Tique Tique

Tesis o trabajo de investigación presentada como requisito parcial para optar al título de:

Magíster en Ciencia y Tecnología de Alimentos

Modalidad: Profundización

Directora:

Ph.D. María Soledad Hernández

Codirectora:

Ph.D. Mary del Carmen Lares Amaiz

Línea de Investigación:

Diseño y desarrollo de Productos alimenticios

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias Agrarias

Posgrado en Ciencia y Tecnología de Alimentos

Bogotá D. C. Colombia

2024

Agradecimientos

Inicialmente todos los mas sinceros agradecimientos a Dios por permitirme culminar esta fase de mi formación profesional, a la universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá, que de la mano de la Facultad de Ciencias Agrarias permitió que mi sueño y prospecto, se hiciera realidad. A mi directora María Soledad Hernández Del ICTA, a mi codirectora Mary del Carmen Lares Amaiz de la Universidad Central de Venezuela, quienes fueron pilares y grandes apoyos en el proceso de formación e investigación, también un gran agradecimiento a el Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTA) ya que su apoyo fue fundamental durante el desarrollo de los respectivos análisis y pruebas.

Agradecimiento especial a Karem Sthefani del mar Castro González gerente de la chocolatería Shalena®, por permitirme realizar los prototipos y diseños de los chocolates en la respectiva planta, donde fueron desarrollados para posteriormente someterse a rigurosos controles, a las asociaciones de cacao del Huila que permitieron un acercamiento y comprensión más detallada de las prácticas de recolección del grano de cacao.

Se que, aunque mis padres están de la mano de Dios ellos estuvieron apoyando este proyecto, es vital el agradecimiento a mi esposa e hijas, por acompañarme durante este proceso, y a todos y cada uno de ellos que, con sus aportes significativos, hicieron posible este proyecto, muchas gracias.

Resumen

El objetivo del estudio es desarrollar una formulación innovadora que pueda sustituir parcialmente a la manteca de cacao en la producción de chocolate sin alterar su estructura. Para conseguirlo, se evaluó el sustituto graso extraído del fruto del *Theobroma grandiflorum*, conocido como Copoazú. Sus características fisicoquímicas y reológicas son similares a las de la manteca de cacao, factores decisivos en la estructura final del chocolate. Inicialmente se realizó una caracterización fisicoquímica para la grasa de Copoazú suministrada por PuraAmazonia de Florencia (Caquetá). Evaluando índices de acidez, peróxidos, saponificación, yodo según las respectivas NTC y contenido de humedad (AOAC 925.10), identificando el lote 2 como el más adecuado para ser utilizado en las sustituciones correspondientes. Se desarrollaron 4 (tratamientos) coberturas de chocolate: (Ca1) control; (Ca2) sustitución del 1%, (Ca3) sustitución del 1.5%; (Ca4) sustitución del 2.1%, el desarrollo de las coberturas se hizo teniendo en cuenta los procesos de producción del chocolate. Durante el templado, se observó fenómenos de *fat Bloom*, defecto de calidad en los tratamientos Ca2 & Ca3. Los tratamientos restantes Ca1 y Ca4 se sometieron a pruebas sensoriales hedónicas de aceptación con panelistas no entrenados, los resultados se interpretaron según la prueba de comparación pareada NTC 2680:2013, que no mostró diferencias significativas. El análisis de color mostro diferencia significativa entre los tratamientos, sin representar riesgo ante el consumidor. El análisis de textura, evaluó variables como la dureza y fracturabilidad, este no arrojó diferencias significativas entre tratamientos. En conclusión, el tratamiento Ca4 es una solución innovadora, para el desarrollo de mezclas de grasas de diferentes especies de *Theobromas*, una alternativa en el mercado local del chocolate para elaborar productos únicos con cualidades sensoriales y fisicoquímicas aceptadas por el consumidor.

Palabras Claves: Copoazú, *Theobroma*, chocolate, sustitutos de manteca de cacao.

Abstract

Preparation of chocolate (*Theobroma cacao*) with partial replacement of cocoa butter with Copoazú fat (*Theobroma grandiflorum*)

The objective of the study is to develop an innovative formulation that can partially replace cocoa butter in the production of chocolate without altering its structure. To achieve this, the fat substitute extracted from the fruit of *Theobroma grandiflorum*, known as Copoazú, was evaluated. Its physicochemical and rheological characteristics are similar to those of cocoa butter, decisive factors in the final structure of chocolate. Initially, a physicochemical characterization was carried out for the Copoazú fat supplied by PuraAmazonia of Florencia (Caquetá). Evaluating acidity indexes, peroxides, saponification, iodine according to the respective NTC and moisture content (AOAC 925.10), identifying batch 2 as the most suitable to be used in the corresponding substitutions. 4 chocolate coatings (treatments) were developed: (Ca1) control; (Ca2) 1% substitution, (Ca3) 1.5% substitution; (Ca4) substitution of 2.1%, the development of the coatings was done taking into account the chocolate production processes. During tempering, fat bloom phenomena are observed, a quality defect in the Ca2 & Ca3 treatments. The remaining treatments Ca1 and Ca4 were subjected to hedonic sensory acceptance tests with untrained panelists, the results were interpreted according to the NTC 2680:2013 paired comparison test, which did not show significant differences. The color analysis shows a significant difference between the treatments, without representing risk to the consumer. The texture analysis evaluated variables such as hardness and fractureability; this did not show significant differences between treatments. In conclusion, Ca4 treatment is an innovative solution for the development of fat mixtures from different species of *Theobromas*, an alternative in the local chocolate market to produce unique products with sensory and physicochemical qualities accepted by the consumer.

Keywords: Copoazú, *Theobroma*, chocolate, cocoa butter substitute

Contenido

	Pág.
Agradecimientos	3
Resumen	4
Abstract	5
Lista de figuras	8
Lista de tablas	9
Introducción	10
Objetivos	14
Objetivo general	14
Objetivos específicos	14
Experiencia industrial	15
1. Marco teórico	16
1.1. Contexto general	16
1.2. Características de los métodos de extracción de las materias grasas	19
1.3. Composición fisicoquímica de la manteca de cacao y su importancia	20
1.4. Características de los sustitutos de la manteca de cacao y del Copoazú	23
1.5. Relación de la composición química de los sustitutos con la curva de templado	25
1.6. Aportes de la grasa de Copoazú	27
2. Materiales y métodos	28
2.1. Materiales	28
2.2. Métodos	28
2.2.1. Caracterización de la manteca de Copoazú	28
2.2.1.1. Humedad (AOAC 984.25).....	28
2.2.1.2. Índice de Acidez (NTC 218).....	29
2.2.1.3. Índice de peróxido (NTC 236).....	30
2.2.1.4. Índice de saponificación (NTC 335).....	30
2.2.1.5. Índice de yodo (NTC 283).....	31
2.3. Diseño experimental	32
2.4. Procedimiento para la obtención del chocolate	34
2.4.1. Pesado, tostado, descascarillado y molido.....	35
2.4.2. Fundido.....	37
2.4.3. Refinado	37
2.4.4. Conchado	39
2.4.5. Atemperado o Pre cristalización	40
2.4.6. Cristalización	40
2.4.7. Moldeado.....	41
2.4.8. Desmoldado	41
2.4.9. Envasado.....	42

2.5. Análisis Sensorial, físico y microbiológico de la tableta	42
2.5.1. Análisis sensorial de la tableta	42
2.5.2. Propiedades de color y textura (fracturabilidad y dureza) en la tableta de chocolate	43
2.5.3. Evaluación microbiológica de las tabletas de chocolate.....	44
2.5.4. Desarrolló de empaque y etiquetado nutricional.....	44
3. Resultados y discusión	45
3.1. Características fisicoquímicas de la grasa de Copoazú	45
3.2. Elaboración de las tabletas de chocolate	51
3.2.1. Obtención de licor de cacao del grano <i>Theobroma Cacao</i>	51
3.2.2. Inclusión de la materia grasa de Copoazú.....	52
3.2.3. Obtención de las curvas óptimas de templado para los respectivos tratamientos..	54
3.2.4. Selección de los tratamientos para el análisis sensorial.....	58
3.3. Análisis sensorial a los tratamientos seleccionados	61
3.3.1. Característica de la encuesta	61
3.3.2. Análisis de la aceptación de la tableta.....	63
3.4. Análisis de las propiedades de color y textura (dureza y fracturabilidad) en la tableta de chocolate	64
3.5. Rotulado Nutricional, Diseño de empaque y Presentación comercial final	66
3.5.1. Rotulado nutricional	66
3.5.2. Diseño de Empaque	67
3.5.3. Presentación comercial final.....	68
4. Conclusiones y recomendaciones	69
4.1. Conclusiones	69
4.2. Recomendaciones	70
Bibliografía	71

Lista de figuras

	Pág.
Figura 2-1: Tipos de Diseño experimental	33
Figura 2-2: Diagrama proceso del chocolate	34
Figura 2-3: Horno tostador de tambor rotacional y paila de enfriamiento	35
Figura 2-4: Descascarilladora de grano de cacao, de rodillos con banda transportadora de vibración y separación de la cascarilla por gravedad a través de succión.....	36
Figura 2-5: Obtención de licor de cacao a partir de los nibs de cacao	36
Figura 2-6: Alistamiento de las materias primas para la elaboración de cada tratamiento	37
Figura 2-7: Proceso de refinación y conchado de los respectivos tratamientos	38
Figura 2-8: Control de tiempo y temperatura establecidas para el refinador de bolas. ...	38
Figura 2-9: Control de tamaño de partícula con Grindometro	39
Figura 2-10: Rotulado de los distintos tratamientos obtenidos.....	40
Figura 3-1: Comparativo valor TUKEY vs diferencias entre lotes	48
Figura 3-2: Análisis fisicoquímicos comparativo para 3 lotes de grasa de Copoazú	48
Figura 3-3: Comportamiento individual de cada variable fisicoquímica analizadas con respecto al lote.....	50
Figura 3-4: Curva de templado inicial y corregida	56
Figura 3-5: Aplicación de curvas de templado y obtención de tabletas para los tratamientos correspondientes	56
Figura 3-6: Compendio de las tabletas obtenidas para los tratamientos de interés	58
Figura 3-7: Defectos de calidad para los tratamientos Ca ₂ y Ca ₃	59
Figura 3-8: Producción del tratamiento Ca ₄	60
Figura 3-9: Tratamientos seleccionados para los respectivos análisis sensoriales	61
Figura 3-10: Distribución porcentual de los rangos de edades de la población encuestada	61
Figura 3-11: Distribución porcentual de la pregunta ¿consume usted chocolate amargo mínimo una vez cada mes?.....	62
Figura 3-12: Comportamiento de la escala hedónica, establecida para los dos tratamientos de interés.	62
Figura 3-13: Distribución Porcentual correspondiente a la pregunta ¿cuál es su tableta favorita?	63
Figura 3-14: Empaque según normativa Colombiana.....	67
Figura 3-15: Tableta de chocolate con sustitución de grasa de Copoazú.....	68

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 2-1: Ensayos para la evaluación de las tabletas con sustitutos	33
Tabla 3-1: <i>Resumen del ANOVA</i>	45
Tabla 3-2: Análisis estadístico descriptivo básico fundamental de las muestras de grasa de Copoazú.....	46
Tabla 3-3: Caracterización de la grasa del Copoazú de origen Florencia, Caquetá & Belen de los andaquies	47
Tabla 3-4: <i>principales ácidos grasos de la manteca de cacao y grasa de Copoazú</i>	53
Tabla 3-5: Determinación de la diferencia de color entre los tratamientos de interés	64
Tabla 3-6: Promedios de dureza y fracturabilidad de los respectivos tratamientos	64
Tabla 3-7: Etiquetado nutricional del Chocolate con sustitución.....	66

Introducción

A nivel internacional, el cacao es uno de los productos de mayor comercialización; se emplea como materia prima para la producción de chocolate y derivados. Se conocen tres variedades: criollo, forastero y trinitario, originarios de la planta *Theobroma cacao*. Donde los cacaos criollos “finos y de aroma”, se destacan por sabores particulares a frutas, flores, hierbas, madera, nuez y/o caramelo. (Contreras Pedraza y Contreras 2017)

Aunque el cacao colombiano se catalogue como cacao “fino y de aroma”(Benjamin et al. 2017), la falta de información acerca de certificaciones de cacao fino, impiden el reconocimiento económico a nivel internacional de las exportaciones nacionales, por lo tanto, en el proceso de venta no se realiza diferencias por calidad. Por otro lado, el mercado de cacao especial representa un nicho muy pequeño a nivel nacional y mundial. A esto se suma el impacto del conflicto armado como lo menciona, (ANGULO 2019), que desencadena, como consecuencia, un atraso tecnológico, comercial, además de la poca asistencia técnica, disminuyendo la posibilidad del desarrollo de la población rural; ubicadas en zonas de conflicto. Sin mencionar que en Colombia existen un aproximado de 70.000 hectáreas para renovar. Federación Nacional de Cacaoteros (FEDECACAO 2020)

En noviembre de 2019, Colombia registró exportaciones de 8.332 toneladas de cacao en grano, lo que representa un aumento del 18% con respecto a las 7.056 toneladas exportadas durante la vigencia 2018; se prevé un cierre cercano a las 9.000 toneladas manteniendo como principales destinos de exportación a México, Malasia, Bélgica, Estados Unidos, Holanda e indonesia (FEDECACAO 2020b). Actualmente, la producción de cacao se encuentra fuertemente concentrada en África, Sin embargo, a diferencia de muchos otros países productores de cacao, la producción actual del cacao colombiano se centra principalmente en satisfacer la demanda interna. (Abbott et al. 2019)

Por su parte (ANGULO 2019) menciona el crecimiento desde el año 2012 al 2017 de las exportaciones, lo cual evidencia un crecimiento en la producción local. Este dato es alentador para el campo colombiano, y en especial para cultivadores de cacao; por otro lado, el crecimiento en producción de hectáreas de siembra, se debe, como lo menciona

el periódico de la Universidad Nacional, a que el cultivo de cacao representa “una alternativa para sustituir cultivos ilícitos como la coca, porque se produce en los mismos ecosistemas boscosos y es muy rentable”. Universidad Nacional de Colombia (UNAL, 2018)

Sweet Matter Physicist (2014) resalta el proceso de transformación; del grano de cacao a cobertura de chocolate. Tal chocolate, extraído del *Theobroma cacao*; tiene dentro de su composición, ácidos grasos, propios de la manteca de cacao, esta materia prima logra establecer distintos grados de cristalización que a su vez, otorgan los requerimientos a la curva de templado o temperado, de las coberturas de chocolate de uso industrial específicamente para aplicaciones en repostería y chocolatería fina, siendo una materia prima de alto valor que impacta el precio del chocolate, además de aspectos sensoriales y de calidad del chocolate.

En los chocolates, la red cristalina determina aspectos de calidad, como textura, brillo, dureza, estabilidad estructural, facilidad para desmoldar y propiedades antioxidantes. (Gioielli, Simões, y Rodrigues 2003). Los cambios significativos en la tasa de cristalización de la manteca de cacao debido a diferencias en la composición química pueden resultar en propiedades físicas inaceptables, como excesiva suavidad y susceptibilidad del chocolate a la floración grasa y también dificultades durante su procesamiento, lo que justifica la necesidad de estandarización. (Ribeiro, Claro da Silva, et al. 2012)

Algunos autores como (Bootello et al. 2012); (Vinces 2019) proponen el uso de sustitutos de manteca de cacao, con el fin de generar disminución en el costo sin afectar aspectos de calidad y menos los sensoriales, es allí donde aparecen análisis de aplicaciones de diferentes sustitutos de manteca de cacao. Se menciona el costo como una variable a controlar, razón por la cual la forma de impactar este costo, es buscar un sustituto que cumpla con perfiles de ácidos grasos similares al de la manteca de cacao y además que no se allá explotado comercialmente, es allí donde algunos autores han mencionado el cacao amazónico como un candidato alternativo de interés, en la industria del chocolate.

En Colombia y específicamente en la amazonia, aparece un posible candidato, que se adapta a los distintos perfiles de ácidos grasos necesarios para generar estructuras polimórficas necesarias en el chocolate, la “grasa de Copoazú (*Theobroma grandiflorum*),

constituida por un 50,43% de ácidos grasos saturados y 40,82% de insaturados, mientras que la manteca de cacao contiene 69,3% de ácidos grasos saturados y 30,7%, de insaturados". (Alviárez G. et al. 2016)

La grasa de Copoazú (*Theobroma grandiflorum*), como sustituto de la manteca de cacao (*Theobroma cacao*), es una alternativa para el aprovechamiento, generando un alto impacto en la composición, de chocolate con sustituciones parciales de la manteca de cacao; además se puede optimizar recursos de zonas no exploradas, como es el caso de Copoazú; de origen amazónico y sin muchas aplicaciones comerciales de tipo industrial.

(Alviárez G. et al. 2016) establecen que los ácidos grasos que componen la grasa de Copoazú presentan similitud con respecto a los que componen la manteca de cacao, además las insaturaciones que componen estos ácidos grasos, impactan directamente sobre los índices de refracción y densidad del aceite Copoazú (*Theobroma grandiflorum*), lo cual posiblemente otorgara mayor viscosidad en el momento de aplicarlo en la elaboración de chocolate.

La grasa de Copoazú extraído del cacao amazónico (*Theobroma grandiflorum*), al presentar tantas propiedades benéficas y homologas a la manteca de cacao de origen del *Theobroma cacao*, constituye un excelente equivalente de la manteca de cacao (CBE) en el proceso de obtención de chocolates de interés industrial; podría entonces pensar en hacer sustituciones de diferentes contenidos % de Copoazú, respetando los mínimos y máximos establecidos por la normatividad colombiana, con el fin de seguir catalogándolo como chocolate. (Alviárez G. et al. 2016)

La grasa de Copoazú (*Theobroma grandiflorum*), es una materia prima esencial en la búsqueda de sustitutos de materia grasa para la manteca de cacao, con el fin de obtener chocolate, ya que muchos de sus aspectos composicionales, ligados a los distintos ácidos grasos, coinciden estructuralmente, logrando generar características polimórficas, que serán reflejadas en la cristalización, cuando se realice el proceso de templado del chocolate, obtenido con sustitución de un % en contenido graso de manteca de cacao por grasa de Copoazú. (Alviárez G. et al. 2016)

La comprensión del comportamiento de los sustitutos de manteca de cacao en la industria, puede dar acceso a la producción de chocolates a precios razonables, impactando de forma directa a los productores de cacao, ya que el consumo per cápita interno aumentará, de igual forma se hará necesario la producción de mayor área de siembra de cultivos de cacao.

La ejecución del presente estudio, busco obtener coberturas de chocolate con incorporaciones de grasa de Copoazú como materia prima sustituyente de la manteca de cacao, inicialmente se accedió a la grasa de Copoazú de acuerdo a su origen y procedencia, posteriormente se procedió a la caracterización fisicoquímica, para definir el mejor lote, el cual fue utilizado para la elaboración de coberturas de chocolate con sustitución, variando distintos % de manteca de cacao, por % de grasa de Copoazú, obteniendo los respectivos tratamientos de interés. Los tratamientos que cumplieron las características estructurales, para que el polimorfismo de las grasas, logren obtener una curva de templado idónea, son los que se sometieron a un análisis sensorial hedónico con panelistas no entrenados, además de un análisis de color y textura (dureza y fracturabilidad) y finalmente un análisis microbiológico, para liberar el lote de tabletas producidas.

La optimización de subproductos extraídos del cacao amazónico, logro generar una iniciativa, otorgando un valor agregado a la fabricación del chocolate, impactando la industria nacional, es por ello que todo el procedimiento de la obtención de las tabletas de chocolate, fueron desarrolladas en una industria especializada en transformación de grano de cacao a chocolates ubicada en el occidente del Huila, dejando a su paso una experiencia que compartir, desde una perspectiva industrial.

Objetivos

Objetivo general

Evaluar aspectos fisicoquímicos y sensoriales en un chocolate (*Theobroma cacao*), con un reemplazo parcial, de la manteca de cacao por grasa de Copoazú (*Theobroma grandiflorum*) de origen amazónico, para posibles usos en chocolatería fina; bajo normativa colombiana, que adapte el porcentaje de sustitución al concepto de chocolate.

Objetivos específicos

- Analizar propiedades fisicoquímicas como; humedad, Índice de acidez, peróxido, Índice de saponificación e Índice de yodo de la grasa de Copoazú (*Theobroma grandiflorum*).
- Evaluar los porcentajes de sustitución de manteca de cacao por grasa de Copoazú (*Theobroma grandiflorum*) en la elaboración de una tableta de chocolate.
- Estudiar el color y las propiedades de textura como dureza y fracturabilidad del chocolate elaborado con sustitución de grasa de Copoazú (*Theobroma grandiflorum*).

Experiencia industrial

En la chocolatería Shalena® se desarrollan procesos específicos para cada lote de cacao que se desea procesar, allí se evalúa el perfil sensorial, índice de grano, humedad, prueba de corte para identificar el porcentajes de fermentación, estos valores de referencia se encuentran en la literatura para el caso del *Theobroma Cacao*; pero difícilmente se puede encontrar información para *Theobroma grandiflorum*, dado que las características morfológicas cambian entre especies, haciendo desarrollar estudios experimentales para adecuar el proceso a condiciones ideales para ser reproducidas y entregar un producto de calidad.

Es por ello que, en el transcurso del proceso de transformación y obtención de los tratamientos, como industria, se debió cambiar métodos con los que se acostumbra a trabajar y desarrollar unos nuevos para la obtención de los tratamientos de interés que posteriormente se utilizarían en el procesamiento de las coberturas.

Las tabletas de chocolate con sustituciones de grasa de Copoazú, hizo reevaluar estudios acerca de los procesos de transformación del Copoazú (*Theobroma grandiflorum*), ya que se acostumbra a trabajar con el *Theobroma cacao* bajo la normatividad colombiana. Para la Chocolatería Shalena®, conocer sobre las características del *Theobroma grandiflorum* ha hecho que todo el equipo estudie y se mantenga informados acerca de esta especie, buscando ser los principales exponentes de los cacaos amazónicos en la industria chocolatera en el departamento del Huila, generado curiosidad y expectativa en los consumidores.

Finalmente no se puede olvidar que uno de los fracasos en la innovación, se basa en el desarrollo, lanzamiento y comercialización de prototipos sin investigación y validación, razón por la cual los prototipos deben ser analizados en el mercado antes de un lanzamiento oficial, siendo los consumidores potenciales quienes realmente definen la aceptación o rechazo, por tal motivo los estudios y análisis sensoriales aplicados a la población de interés son claves cuando se busca el lanzamiento de productos innovadores en el mercado.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Contexto general

Las investigaciones relacionadas con cacao (*Theobroma cacao*) a nivel internacional son diversas, debido a la importancia que representa este producto para el desarrollo social y económico de algunos países; se han abordado investigaciones relacionadas con la composición química, propiedades reológicas, características físicas y sensoriales de las diferentes especies de cacaos, asimismo se han emprendido varios estudios para encontrar sustitutos de la manteca de cacao con características homologables; para el presente estudio, se tendrá en cuenta los diferentes aportes realizados por las investigaciones en el territorio nacional, específicamente en la región amazónica colombiana, además de los elaborados en la amazonia del Brasil y Perú, ya que la ubicación geográfica y trópico, generan las condiciones y centran la mayor producción de estudios referentes al Copoazú (*Theobroma grandiflorum*).

El estudio relacionado con las propiedades fisicoquímicas de la manteca de cacao brasileña y mezclas industriales. Parte I - Composición química; desarrollado por (Ribeiro, Claro da Silva, et al. 2012). Fundamenta un comparativo de las propiedades primarias de mantecas de cacao, además del comportamiento de las mezclas industriales, y de la manteca de cacao original de diferentes zonas geográficas de Brasil. Las muestras fueron evaluadas de acuerdo a la composición de ácidos grasos, triglicéridos, distribución de los ácidos grasos en las moléculas de triglicéridos, punto de fusión, contenido de grasa sólida y consistencia.

El anterior artículo enfocado al estudio de las respectivas mantecas de cacao del Brasil, demostraron que las muestras evaluadas presentaron diferencias en composición química, propiedades de resistencia térmica, características de dureza, que son necesarias evaluar al momento de desarrollar productos de chocolatería, además hay que tener presente que “el contenido de grasa sólida (SFC) es un parámetro que expresa la relación masa sólido / líquido de una grasa a diferentes temperaturas, afectando propiedades físicas como consistencia, estabilidad y también importantes atributos sensoriales”. (Ribeiro, Claro da Silva, et al. 2012)

Por otra parte, el estudio de obtención y utilización de la manteca de cacao de (Codini et al. 2004), reporta que la composición de la manteca del cacao es; 98 % de triglicéridos, 1 % de ácidos grasos libres, 0,3% - 0,5% de diglicéridos y 0,1% de monoglicéridos. También contiene alrededor de 0,2% de esteroides y 150 a 350 ppm de tocoferoles (principalmente α -tocoferol). El contenido de fosfolípidos varía de 0,05% a 0,13%. Una amplia gama de compuestos volátiles tales como piracinas, tiazoles, piridinas y ácidos grasos de cadena corta, responsables de aroma. Los ácidos grasos dominantes en la composición de la manteca de cacao son el palmítico (C16, P) 24,4% – 26,7%; el esteárico (C18; St) 34,4% – 35,4%, el oleico (18:1; O) 37,7% – 38,1% y el linoleico (C18:2, L) en baja proporción 2,1%. León y Posso (2018)

La investigación realizada por (Codini et al. 2004), permitió establecer que:

La manteca de cacao es el componente crítico de la elaboración del chocolate. Su origen y posterior procesado determinan las características físicas y de comportamiento del chocolate. Su dureza, gusto, sensación en la boca, color e incluso olor dependen de la calidad y tipo de manteca.

Una característica para el presente estudio, a tener en cuenta, es identificar los posibles sustitutos, razón de referenciar a (Bootello et al. 2012), quien plantea las alternativas a la manteca de cacao, estas investigaciones son relacionadas con los posibles sustitutos de manteca de cacao, a partir de grasas vegetales. Para lo cual es importante tener presente las siguientes consideraciones, sugeridas por el autor donde las clasifica:

sustitutos de la manteca de cacao (CBS), grasas a base de aceite de palmiste o aceite de coco; sustitutos de la manteca de cacao (CBR), grasas no láuricas no polimórficas basadas en Aceites hidrogenados y equivalentes de manteca de cacao (CBE), grasas polimórficas no láuricas que se definen como grasas o mezclas de grasas con un perfil de fusión, composición y polimorfismo similar a la manteca de cacao (CB), que deben ser compatibles con CB sin presentar ningún comportamiento eutéctico. (Marangoni y McGauley 2002); (Bootello et al. 2012)

Autores como (Vinces 2019) ,en su estudio, del efecto de la sustitución parcial de manteca de cacao por extracto concentrado de yacón y de la adición de lecitina de soya en el color,

viscosidad, firmeza y aceptabilidad general en una cobertura de chocolate, en la cual “se sustituyó parcialmente la manteca de cacao por extracto concentrado de yacón (5%, 7% y 9%) y se adicionó lecitina de soya (0.10%, 0.25% y 0.5%)”, arrojando como mejor comportamiento reológico “9% extracto concentrado de yacón y 0.25% lecitina de soya, para las coberturas de chocolate” Vines (2019), conjuntamente el estudio relaciona que para tener una compatibilidad, los sustitutos “deben presentar curvas de punto de fusión de valores semejantes a las de la grasa de cacao, que está constituida fundamentalmente por triacilglicéridos palmítico-oleico-palmítico, esteárico-oleico-palmítico y esteárico-oleico esteárico” (Badui 2013); (Vines 2019), respaldando lo que sugieren (Codini et al. 2004).

También, se incluyen estudios relacionados con sustitutos de grasa de Copoazú, con mezcla de manteca de cacao para la elaboración de chocolate, además cabe resaltar el aporte a la investigación, de las propiedades físicas de mezclas precristalizadas de manteca de cacao y grasa de Copoazú, desarrollada por (Quast, Luccas, y Kieckbusch 2011), proporcionaron resultados, de las mezclas de manteca de cacao (mezcla de Bahía + Indonesia) con grasa de Copoazú, mostrando compatibilidad química y de cristalización, el contenido de grasa sólida a 25°C y el valor del contenido de grasa sólida (SFC) cercano a cero en 35°C junto con los resultados de otras determinaciones, confirman que se pueden utilizar mezclas con hasta un 20% de grasa de Copoazú en las formulaciones de chocolates, sin cambiar significativamente las propiedades físicas del producto final.

Autores como (Quast et al. 2011); (Benvenuto 2017) establecen las difracciones de rayos X junto con los resultados obtenidos para el punto de fusión, como indicador a utilizar para los procedimientos donde se establezca cristalización, buscando la formación de la forma cristalina beta en la grasa de Copoazú, así como en la manteca de cacao pura y sus mezclas. El mismo autor menciona que los triacilglicéridos muestran un comportamiento polimórfico complejo, fuertemente influenciado por el calor y la transferencia de masa durante la cristalización. La cristalización polimórfica está determinada principalmente por la velocidad de nucleación, que se rige por factores termodinámicos y cinéticos. Dependiendo de la velocidad de enfriamiento y el nivel de agitación, los triacilglicéridos aparecen en varias redes cristalinas.

A nivel nacional, el estudio de la caracterización y extracción lipídica de las semillas del cacao amazónico (*Theobroma grandiflorum*), representa un gran aporte a la investigación desarrollada, como resultado los autores presentan la caracterización del Copoazú Colombiano, estableciendo que la “grasa de Copoazú está constituida por un 50,43% de ácidos grasos saturados y 40,82% de insaturados, la manteca de cacao contiene 69,3% de ácidos grasos saturados y 30,7%, de insaturados” (Alviárez G. et al. 2016)

De igual forma (Alviárez G. et al. 2016) reporto que el 50,43% de la grasa de Copoazú lo constituyen ácidos grasos de tipo saturado, como el araquídico (11,22%) y el palmítico (7,26%), también se reporta el ácido linoleico, aunque en cantidad relativamente baja (3,56%), en cuanto a la caracterización lipídica se concluyó que la baja resistencia a la oxidación; puede ser debido a una escasa presencia de compuestos antioxidantes naturales, como son los compuestos fenólicos, carotenoides o tocoferoles.

Los bajos valores del índice de refracción y de la densidad encontrados en el aceite de Copoazú estarían asociados al mayor número de instauraciones en la cadena carbonada de los ácidos grasos, otorgándole mayor viscosidad al aceite e incrementando, consecuentemente, el índice de refracción y la densidad, en comparación con la manteca de cacao, el aceite de Copoazú exhibe ácidos grasos similares, en distintas proporciones; en el caso del ácido graso palmítico y esteárico, se presenta menor contenido, mientras que aparece un mayor nivel de ácido oleico (36,30%), linoleico (3,60%) y araquídico (11,22%). (Alviárez G. et al. 2016)

1.2. Características de los métodos de extracción de las materias grasas

Autores como (Jahurul et al. 2013) sugieren que los métodos más utilizados para la extracción de manteca de cacao, donde se encuentra implícito extracción con solvente, no son métodos exitosos para la extracción de manteca de cacao, debido a que: "(a) requieren una temperatura alta que afecta la calidad nutricional de la manteca de cacao, (b) son compuestos naturales lábiles sensibles al calor y contienen solventes tóxicos que quedan en los productos finales generando efectos adversos para la salud humana.

Por otro lado, (Beckett 2000) establece que la manteca de cacao representa la fase continua de este producto, sirviendo como matriz dispersante para partículas sólidas de cacao, azúcar y leche. Además, menciona que es el ingrediente más caro en la fabricación de chocolate, correspondiendo del 25% al 36% del costo del producto terminado. Menciona que el contenido de grasa sólida (SFC) es un parámetro que expresa la relación masa sólido/líquido de una grasa a diferentes temperaturas, afectando propiedades físicas como consistencia, estabilidad y también importantes atributos sensoriales. (Ribeiro, Claro da Silva, et al. 2012)

1.3. Composición fisicoquímica de la manteca de cacao y su importancia

La manteca de cacao es la materia prima esencial del chocolate, por lo tanto, es importante establecer el perfil lipídico, para (Salinas y Bolivar 2012) “la grasa de cacao contiene predominantemente triglicéridos de ácidos grasos consistentes de ácidos oleico (37,3%), esteárico (34,4%), y palmítico (26,2%). Más de 73% de los glicéridos están presentes como formas monoinsaturadas (2)”, por otra parte, se considera que posee “poca cantidad de ácido láurico (C12) y ácido mirístico” (Jahurul et al. 2013), adicionalmente, el estudio del perfil de ácidos grasos realizado por (Chire, Ureña, y Hartel 2020) para “el cacao peruano, donde reportó que los contenidos de ácidos palmítico (27,70%), esteárico (30,70%), oleico (35,90%) y linoleico (3,50%) con menor presencia de otros ácidos grasos”, de igual forma, en la investigación ácidos grasos en chocolates venezolanos y sus análogos, determino que la “proporción de ácidos grasos en la manteca de cacao de grano venezolano fue de 64,69% en saturados, 32,63 en monoinsaturados, 2,67% en poliinsaturados y una ausencia de AGT(ácidos grasos trans)”. (Salinas y Bolivar 2012)

Otra característica relevante de la manteca de cacao es que funde en pequeños rangos de temperatura, al ambiente o en la boca, lo anterior es consecuencia de la estructura química de los triacilglicéridos(Ruiz et al. 2022) mencionan los PSt; como al ácido palmítico en la posición 1, el ácido oleico en la posición 2 y el ácido esteárico en posición 3, Pero si el ácido palmítico se encuentra en posición 1, el ácido oleico en la posición 3 y el ácido esteárico en posición 2, se conoce como moléculas PStO. Comercialmente las

moléculas SOS (A. Saturado - A. Oleico - A. Saturado) se encuentran en un 80%, mientras que las moléculas SSS en un 1 y 2%, y las moléculas SOO en un rango de 5 a 20%.

Conjuntamente, el estudio del cacao peruano reporta que la “manteca de cacao, que constituye del 50% al 57% de un grano de cacao seco, es una parte importante del grano debido a sus diversas propiedades físicas, químicas y sensoriales” (Chire et al. 2020)

Las propiedades químicas, físicas y reológicas de las grasas, además estar determinadas por el contenido de ácidos grasos y los porcentajes, tiene gran influencia la posición intermolecular que ocupan cada uno de ellos dentro de los triglicéridos (Belitz y Grosch 1992), de hecho, mediante estudios se ha logrado establecer qué; prácticamente todo el ácido oleico está esterificado en la posición central de la molécula de glicerol (sn-2), mientras que los ácidos grasos saturados se encuentran normalmente en el sn-1,3 posiciones. Esta particularidad caracteriza la manteca de cacao por tres principales triacilgliceroles simétricos (TAG) en relación con el aspecto de saturación / insaturación (Damodaran, Parkin, y Fennema 2010), representado por POP (1,3-dipalmitoil-2-oleoil-glicerol), POSt (1-palmitoil-2-oleoil-3 -estearoil-glicerol) y StOSt (1,3-diestearoil-2-oleoil-glicerol) especies, que, en resumen, puede representar más del 75% de su composición en TAG (triglicéridos). (Ribeiro, Claro da Silva, et al. 2012)

Así mismo, en el estudio del perfil de ácidos grasos y contenido de grasas sólidas del cacao peruano para una producción óptima de chocolate comercial, muestra que el contenido de grasa sólida (SFC) es un parámetro que expresa la proporción de masa sólida a líquida de grasa a diferentes temperaturas. El SFC afecta propiedades físicas como consistencia, estabilidad y algunos atributos sensoriales importantes como sabor, aroma y aceptabilidad general. El SFC de 20°C a 25°C califica la dureza de la manteca de cacao. El rango de temperaturas en el que la disminución de la SFC es evidente, representa la resistencia al calor, mientras que la fusión rápida de 32°C a 35°C es responsable del enfriamiento y una sensación cremosa durante la degustación. (Chire et al. 2020)

Tanto (Ribeiro, Claro da Silva, et al. 2012) como (Quast et al. 2011) argumentan la presencia de tres ácidos grasos principales: palmítico (P), esteárico (S) y oleico (O). Prácticamente todo el

ácido oleico (insaturado) está esterificado en el sn- 2 de la molécula de glicerol; sean 1,3-dipalmitoil-2-oleoilglicerol (POP), 1-palmitoil-2-oleoil-3-estearoilglicerol (POS) y 1,3-diestearoil-2-oleoilglicerol (SOS) (Quast et al. 2011). Sólo el 2% de los triglicéridos están completamente saturados. No hay triglicéridos completamente insaturados; Argumento respaldado por (León y Posso 2018)

Para un compendio de investigadores como, (Ribeiro, Claro da Silva, et al. 2012); (Salinas y Bolivar 2012); (Quast et al. 2011) establecen que entre el 73% y el 75% de los glicéridos están presentes como formas monoinsaturadas. El ácido esteárico, ácido graso saturado que, a diferencia de otros, no aumenta el nivel de colesterol en la sangre, no es aterógeno, propiedad que también contribuye a la mejora de la salud cardiovascular de las personas que consumen de manera frecuente cacao natural.

También (León y Posso 2018). Expone que la manteca de cacao está compuesta por 98% de triglicéridos, 1% de ácidos grasos libres, 0,3% - 0,5% de diglicéridos y 0,1% de monoglicéridos. Contiene alrededor de 0,2% de esteroides y 150 a 350 ppm de tocoferoles. Los ácidos grasos dominantes en la composición de la manteca de cacao son el palmítico (C16, P) 24,4% – 26,7%; el esteárico (C18; St) 34,4% – 35,4%, el oleico (18:1; O) 37,7% – 38,1% y el linoleico (C18:2, L) en baja proporción 2,1%. (Chire et al. 2020) cita el ácido linoleico (3,50%) con menor presencia de otros ácidos grasos.

Los triacilgliceroles muestran un comportamiento polimórfico complejo, fuertemente influenciado por el calor y la transferencia de masa durante la cristalización. La cristalización polimórfica está determinada principalmente por la velocidad de nucleación, que se rige por factores termodinámicos y cinéticos. Dependiendo de la velocidad de enfriamiento y el nivel de agitación, los triacilgliceroles aparecen en varias redes cristalinas: una (subcelda hexagonal), β (o subcélula ortorrómbica) y β (subcélula triclinica). Los tres polimorfos se basan en estructuras de subcélulas que definen modos de empaquetamiento en sección transversal de la cadena alifática en zigzag. Cada polimorfo tiene un punto de fusión único y propiedades estructurales de cristal. (Quast et al. 2011)

Para (Ribeiro et al. 2012) en su estudio, establece que la manteca de cacao, evidencia seis formas polimórficas como resultado de su composición TAG (triglicéridos) bastante

homogénea, conocida como (g, a, si 2', si 1', si 2 y si 1,). La nomenclatura para polimorfos de manteca de cacao también se puede encontrar basada en el sistema de numeración romano, donde las formas I, II, III, IV, V y VI; Con integración de combinaciones entre ellas.(Fennema 1993)

Tanto(Ruiz et al. 2022) como (Ribeiro et al. 2012) obtuvieron que las formas I funden alrededor de 17°C y II se obtienen por enfriamiento rápido a bajas temperaturas, mientras que las formas III y IV se producen a temperaturas moderadas. La forma V está asociada con el hábito cristalino deseable en el chocolate. Las modificaciones cristalinas en la manteca de cacao, a excepción de la forma VI, pueden obtenerse directamente del estado líquido, en condiciones adecuadas de enfriamiento.

La transición V → VI está mediado solo por la transformación sólido-sólido y se produce durante el almacenamiento de chocolates Loisel et al. (1998); Schenck y Peschar (2004); Shi et al. (2005) dependiendo del origen de las almendras de cacao y de las condiciones de fermentación y refinado, la composición química puede variar y esto se refleja principalmente en la tasa de cristalización y características de dureza durante las etapas de procesamiento y puede implicar una pérdida progresiva de calidad una vez que el producto llega al consumidor.

Los estudios indican que la temperatura de 20°C es fundamental para determinar la relación entre la microestructura y el polimorfismo de la manteca de cacao. (Ribeiro et al. 2012); La forma Beta (β), tiene las propiedades deseadas para satisfacer la demanda de una amplia variedad de productos alimenticios debido a estabilidad. (León y Posso 2018)

1.4. Características de los sustitutos de la manteca de cacao y del Copoazú

Algunos autores como (Bootello et al. 2012) y (Jahurul et al. 2013), establecen distintas clasificaciones de los sustitutos de la “manteca de cacao (CBR), equivalentes de manteca de cacao (CBE) y grasas sustitutivas de la manteca de cacao (CBS). CB es una grasa natural obtenida de semillas de cacao (*Theobroma cacao*)”. Se utiliza comúnmente como ingrediente principal esencial del chocolate y otros productos de confitería debido a sus propiedades físicas y químicas específicas

los principales ácidos grasos contenidos en CBE son ácido palmítico, ácido esteárico y ácido oleico, que son similares a los de CB. Los CBE se dividen en dos subgrupos, a saber, extensores de manteca de cacao (CBEX) y mejoradores de manteca de cacao (CBI). Lipp y Anklam (1998)

Los CBEX no se pueden mezclar con CB en todas las proporciones, mientras que los CBI son similares a los CBE, contienen niveles más altos de triglicéridos sólidos y, debido a esta característica, se usan comúnmente para mejorar las mantecas de cacao blandas.

Los reemplazantes son de origen no láurico, con alto contenido de C18:1 trans-9 y compatibles parcialmente con la manteca de cacao, tolerando hasta 30%, dependiendo del tipo de reemplazante de acuerdo a lo establecido por Lipp y Anklam (1998) y citado por (Salinas y Bolívar 2012).

En muchos aspectos (Quast et al. 2011), recalca que al igual que el cacao, las semillas de Copoazú se pueden fermentar y secar para obtener licor de Copoazú, que se utiliza para elaborar un producto brasileño, el cupulado, con características nutricionales y sensoriales muy cercanas al chocolate.

Al compararse con la manteca de cacao, la grasa de Copoazú exhibe ácidos grasos similares, en distintas proporciones; en el caso del ácido graso palmítico y esteárico, se presenta menor contenido, mientras que aparece un mayor nivel de ácido oleico (36,30%), linolénico (3,60%) y araquídico (11,22%). (Alviárez G. et al. 2016)

La grasa de Copoazú presenta un alto contenido de triacilglicerol simétrico del tipo SUS (saturado, insaturado, saturado), que puede proporcionar patrones de cristalización similares a la manteca de cacao, mientras que los triacilgliceroles SOO, OOA y OOO pueden ser responsables de su suavidad. (Quast et al. 2011)

La diferencia entre el punto de fusión de la grasa de Copoazú y la manteca de cacao, solo 0.66°C es, de hecho, muy pequeño. Según Ali et al. (2001), el derretimiento de manteca de cacao se produce en una zona estrecha entre 27°C y 33°C y se completa esencialmente a 35°C. (Quast et al. 2011)

En su estudio, (Quast et al. 2011) manifiestan que mezclas de muestra que contienen hasta un 25% de grasa de Copoazú presentan valores estadísticamente similares a los de la manteca de cacao 100% que muestran una tensión de ruptura de 2,48 kg F/ cm². La similitud en los valores instantáneos confirma que con un acondicionamiento de precrystalización adecuado, estas mezclas se pueden utilizar en la fabricación de chocolates. Los chocolates formulados con estas proporciones de grasa de Copoazú requieren un ajuste del proceso de templado para inducir adecuadamente la formación de núcleos cristalinos de tipo beta que tienen una mayor estabilidad termodinámica.

El procesamiento del chocolate debe entonces adaptarse a este polimorfismo de la manteca, y obtener un tipo de cristal estable denominado β (V). Esto se logra mediante un tratamiento térmico específico llamado templado o atemperado, en el que se alcanza una distribución óptima de los cristales que produce un chocolate con brillo, estabilidad y dureza adecuada. (Vinces 2019); Así, en la fabricación de chocolates utilizando grasas alternativas como grasa de Copoazú, los parámetros de cristalización deben ajustarse para cada composición con el fin de asegurar una dureza adecuada del producto final.

1.5. Relación de la composición química de los sustitutos con la curva de templado

Esta estructura cristalina confiere a los productos de chocolate una excelente calidad en términos de brillo, textura y textura suave. Además, la manteca de cacao (CB) exhibe resistencia a la floración grasa, que surge de cambios en la grasa del chocolate durante el almacenamiento.

La manteca de cacao (CB) tiene un punto de fusión relativamente bajo que varía de 27°C a 35°C, la CB es dura, quebradiza y su dureza depende del contenido de grasa sólida (SFC) y podría ser del 0% justo por encima de 37°C. Además, la naturaleza de la red cristalina también genera la dureza / consistencia de la grasa de la manteca de cacao. (Jahurul et al. 2013)

“Para una total compatibilidad, las grasas sustitutas deben presentar curvas de punto de fusión con valores semejantes a las de la manteca del cacao”. (Badui 2013); (Vinces 2019)

(De Clercq et al. 2012) sugieren que los cristales se pueden empaquetar, pero es solo una forma la que genera aspectos de calidad sensorial que atrae más al consumidor, la forma V se utiliza para la elaboración de productos de confitería. Esta forma es dura, produce un buen chasquido y da un aspecto brillante con una resistencia relativamente buena al Bloom.

Autores como (Beckett 2000) resalta al igual que (Ribeiro et al. 2012); (Quast et al. 2011), el comportamiento de cristalización de los lípidos y las implicaciones importantes en el desarrollo de productos alimenticios procesados, cuyos atributos físicos dependen en gran medida de las estructuras y propiedades de los cristales de grasa como consistencia, plasticidad, estabilidad de textura, características sensoriales y apariencia visual.

La cristalización de la manteca de cacao influye, en particular, en el chasquido, el brillo, la sensación de fusión en la boca combinada con la liberación de sabor y la estabilidad durante el almacenamiento, características principales que determinan la calidad del chocolate y productos similares. Estos atributos dependen directamente del comportamiento de fusión y cristalización, la cinética de cristalización, el grado de compatibilidad entre los TAG (triglicéridos) y la estructura de la red cristalina, que, en la manteca de cacao, están reguladas por sus complejos conjuntos polimórficos. (Ribeiro et al. 2012)

En los chocolates, la red cristalina determina aspectos de calidad, como textura, brillo, dureza, estabilidad estructural, facilidad de desmoldeo y propiedades antioxidantes. (Marangoni y McGauley 2002); (Gioielli et al. 2003). La manteca puede cristalizar en seis formas diferentes (polimorfismo), cada una con tamaño y temperatura de fusión característica. Sin embargo, solo una, la forma V (β_2) es la más estable y por ende más deseable para este producto, ya que su fusión debe darse cuando el producto entra en contacto con la boca (37 °C) y no al ambiente (25 °C). (Afoakwa 2016b)

Los cambios significativos en la tasa de cristalización de la manteca de cacao debido a diferencias en la composición química pueden resultar en propiedades físicas inaceptables, como excesiva suavidad y susceptibilidad del chocolate a la floración grasa y también dificultades durante su procesamiento, lo que justifica la necesidad de estandarización de este crudo. (Ribeiro et al. 2012)

Según (Ribeiro et al. 2012); (Chire et al. 2020) la manteca de cacao se caracteriza por un estrecho rango de temperatura de fusión comprendido en 32°C a 35°C, debido a su composición química relativamente uniforme rango de temperatura en el que se evidencia un descenso expresivo de SFC afectando propiedades físicas como consistencia, estabilidad y algunos atributos sensoriales importantes como sabor, aroma y aceptabilidad general" Chire et al. (2020); mientras que la rápida fusión entre 32°C y 35°C es responsable de la sensación de frescor y cremosidad durante la degustación; la manteca de cacao es dura y quebradiza a 20°C, volviéndose blanda entre 30°C y 32°C.

1.6. Aportes de la grasa de Copoazú

Ribeiro et al. (2012) sugiere que la manteca de cacao del estado de Amazonas, presentó características similares a las mezclas industriales, principalmente el perfil de dureza, el aceite de Copoazú presenta un bajo índice de acidez, comparado con la manteca de cacao; esto lo haría menos predispuesto a la degradación oxidativa por la baja presencia de ácidos grasos libres.

Por otro lado, la baja resistencia a la oxidación; puede ser debido a una escasa presencia de compuestos antioxidantes naturales, como son los compuestos fenólicos, carotenoides o tocoferoles; Cabe mencionar que los bajos valores del índice de refracción y de la densidad encontrados en el aceite de Copoazú estarían asociados al mayor número de insaturaciones en la cadena carbonada de los ácidos grasos, otorgándole mayor viscosidad al aceite e incrementando, consecuentemente, el índice de refracción y la densidad. (Alviárez G. et al. 2016)

En cuanto a la grasa extraída de las semillas de Copoazú, los estudios se han enfocado en el conocimiento de la composición de sus ácidos grasos y en la determinación de las propiedades reológicas en mezclas con la manteca de cacao.

2. Materiales y métodos

2.1. Materiales

- Manteca de Copoazú (*Theobroma grandiflorum*)
- Manteca de cacao (*Theobroma Cacao*)
- Licor de cacao (*Theobroma Cacao*)
- Azúcar
- Lecitina de soja

2.2. Métodos

2.2.1. Caracterización de la manteca de Copoazú.

El muestreo y preparación de muestras para las diferentes determinaciones se realizó de acuerdo a las Normas técnicas 217 (Instituto Colombiano de Normas Técnicas (ICONTEC) 2009) y 5033 respectivamente.

Muestra de laboratorio: Es la cantidad de grasa, obtenida de la muestra a granel después de un adecuada homogenización y reducción de tamaño, que representa al lote y está prevista para exámenes de laboratorio

Principios generales: Objetivo de muestreo y la preparación de las muestras es obtener de una partida, (que puede ser lotes), una cantidad manejable de aceite o la grasa, cuyas propiedades sean lo más cercanas posibles a las propiedades de las partidas muestreada. Los métodos para tomar las muestras se describen en la norma. ICONTEC (2009)

2.2.1.1. Humedad (AOAC 984.25)

Método de la AOAC 984.25, la determinación de humedad a 105°C se basa en la pérdida de peso que experimenta la muestra producto de la evaporación o volatilización, principalmente de agua, pero en menor medida también de sustancias con alta fugacidad. La determinación se hará por duplicado.

Principio: La pérdida de masa por secado se determina en condiciones específicas. Se pueden perder especies distintas a la humedad.

Determinación: Homogeneizar completamente la muestra congelada en una licuadora y pesar aproximadamente 10 g por duplicado, utilizando una balanza con una precisión de 0,1 mg. Utilice platos de pesaje desecados y tarados, preferiblemente de Ni, Al, acero inoxidable o vidrio, de 60 a 80 mm de diámetro y 25 mm de profundidad, con tapas que encajen bien pero que se puedan quitar fácilmente.

Coloque el plato descubierto que contiene las muestras, con tapa, en un horno de secado por convección a $103 \pm 2^\circ$ durante 16 h. Vuelva a colocar la tapa y transfírela al desecador para que se enfríe. Cuando esté frío, pesar lo más rápido posible hasta 0,1 mg. Destape y vuelva a colocar el plato y la tapa en el horno durante 2 h más. Vuelva a colocar la tapa, enfríe en un desecador y vuelva a pesar. Repita los pasos de secado, desecación y pesaje de 2 h hasta que la disminución de masa entre pesajes sucesivos no supere los 0,5 mg o hasta que se registre el aumento de masa.

C. Cálculo

$$\% \text{ Humedad} = [(M1 - M2) / (M1 - M0)] \times 100 \text{ (reporte con 2 decimales)}$$

donde M0 = masa en g de recipiente y tapa secos y tarados; M1 = masa en g de recipiente, tapa y muestra seca, tarada y sin secar; M2 = masa (más baja) en g de plato, tapa y muestra seca tarados y secos. Asociación de los Químicos Analíticos Oficiales (AOAC 984.25, 1984)

2.2.1.2. Índice de Acidez (NTC 218)

Numero de miligramos de hidróxido de potasio requeridos para neutralizar los ácidos grasos libres presentes en un gramo de grasa, cuando se determina de acuerdo con el procedimiento especificado en la norma. El índice de acidez se expresa en mg/g.

Principio: La muestra se disuelve en una mezcla de solventes adecuados, y los ácido presentes se titulan con una solución etanólica o metanólica de hidróxido de potasio o de sodio.

Determinación: Se pesa 5g de muestra, se adiciona 25 ml de alcohol neutralizado y 5 gotas de fenolftaleína, se lleva a calentamiento a baño maría por 10 minutos para luego ser titulado con KOH 0.1N hasta observar cambio de color. (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [ICONTEC] 2011)

2.2.1.3. Índice de peróxido (NTC 236)

Es la cantidad de estas sustancias en la que se muestra, expresada en términos de miliequivalentes de oxígeno activo por kg, el cual el yoduro de potasio oxida bajo las condiciones del ensayo escrito

Principio: La muestra de este ensayo se disuelve en isooctano (cloroformo) y ácido acético glacial, se añade yoduro de potasio. El yodo liberado por los peróxidos se determina yodo métricamente con un indicador de almidón y una solución normalizada de tiosulfato de sodio. El punto final de la titulación se determina visualmente

Determinación: Se pesa 1 g de muestra, se le adiciona 10mL de cloroformo, 15 ml de ácido acético, 75 ml de agua, 1 ml de yoduro de potasio 0.1 N y 2 ml de almidón, se titula con tiosulfato de sodio 0.1N hasta observar ausencia de color. AOAC 965.33 (1969)(Latimer 2023a)

2.2.1.4. Índice de saponificación (NTC 335)

Es el número de miligramos de hidróxido de potasio que se requieren para saponificar 1 gramo de grasa bajo las condiciones especificadas en esta norma.

Principio: El método de determinación descrito en la presente norma, consiste en saponificar completamente una cantidad, exactamente pesada, de la muestra por ensayar, mediante un exceso de solución alcohólica de hidróxido de potasio, valorando luego dicho exceso de solución alcalina con ácido clorhídrico 0,5M

Procedimiento: Se pesan 2 g de la muestra de ensayo, con aproximación de 5 mg, (véase el numeral 8) en un matraz cónico (véase el numeral 6.1).

Nota. La porción de ensayo de 2 g se ha determinado con base en los índices de saponificación de 170 a 200. Para otros índices de saponificación, la masa se debe alterar en consecuencia para que aproximadamente la mitad de la solución de hidróxido de potasio etanólica se neutralice.

Determinación: Se añaden a la porción de ensayo, con una pipeta (véase el numeral 6.5), 25,0 ml de la solución etanólica de hidróxido de potasio (véase el numeral 5.1) y algunas ayudas de ebullición (véase el numeral 5.4). Se conecta el condensador de reflujo (véase el numeral 6.2) al matraz o Erlenmeyer, se coloca este sobre el dispositivo de calentamiento (véase el numeral 6.3) y se deja ebullición ligeramente, agitando esporádicamente, por 1 h o por 2 h, en el caso de aceites y grasas que tengan un punto de fusión alto y que sean difíciles de saponificar.

Se añaden a la solución caliente de 0,5 ml a 1 ml de solución fenolftaleína (véase el numeral 5.3) y se titula con la solución volumétrica de ácido clorhídrico estándar (véase el numeral 5.2) hasta que desaparezca el color rosa indicador. Si la solución está muy coloreada, se usan de 0,5 ml a 1 ml de solución de azul de metileno (véase el numeral 5.3).

Ensayo en blanco: Se realiza un ensayo en blanco siguiendo el procedimiento especificado en el numeral 9.2 con 25,0 ml de solución etanólica de hidróxido de potasio (véase el numeral 5.1) pero omitiendo la porción de ensayo. AOAC 920.160 (1975)(Latimer 2023)

2.2.1.5. Índice de yodo (NTC 283)

Es la masa de alógeno, expresada como yodo, absorbida por la porción de ensayo bajo el procedimiento especificado, dividida por la masa de la porción del ensayo (se expresa como una fracción en masa en gramos por 100 gramos de grasa).

Principio: Dilución de la porción de ensayo en un solvente y adición del reactivo de Wijs. Después de un tiempo específico, se adiciona yoduro de potasio y agua y se titula el exceso de yodo liberado como una solución de tiosulfato sódico.

Determinación: Se pesa 0.2g de muestra, se añadieron 10 ml de cloroformo, 25 ml de IBr, y 10 ml de solución de KI al 15%. Posteriormente, se adicionan 100 ml de agua destilada. Por último, se titula con tiosulfato de sodio 0.1N hasta casi decoloración. Se agrega 1mL del indicador de almidón hasta decoloración completa. AOAC 920.159 (1965)(Suzanne 2009)

2.3. Diseño experimental

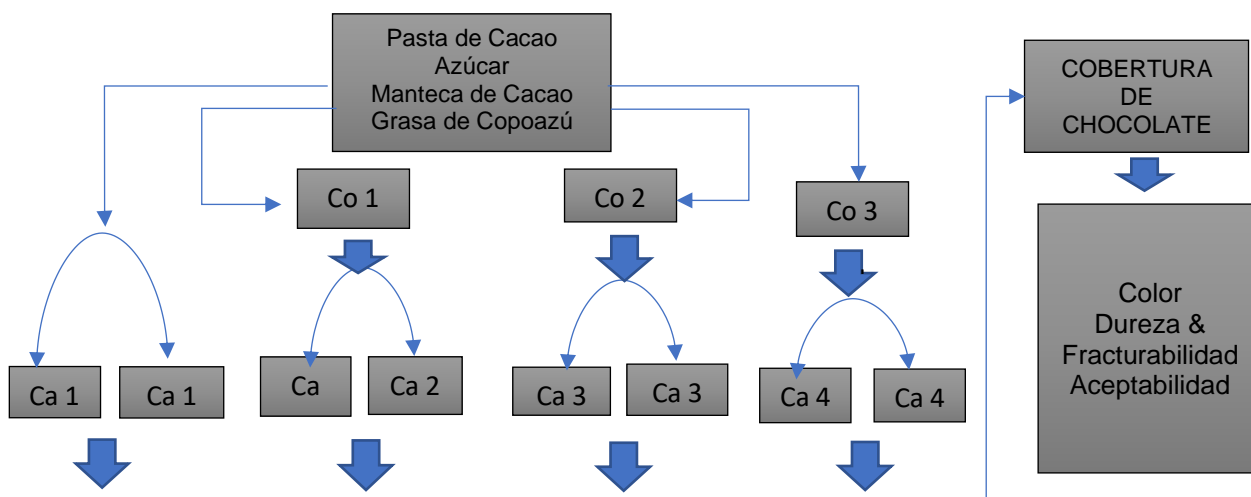
La grasa de Copoazú suministrada por el proveedor puraAmazonia de Colombia® del municipio de Florencia Caquetá, fueron caracterizados, tomando 3 lotes de grasa de Copoazú, estos tres lotes fueron analizados por triplicado e interpretados por un ANOVA y el método TUKEY, para establecer si entre los lotes existen diferencias estadísticamente significativas en las variables medidas, además de una estadística descriptiva básica fundamental, para posteriormente ser confrontados con datos de autores con estudios previos del municipio de Belén de los andaquies, seleccionando así, el lote con las mejores características fisicoquímicas para ser utilizada como materia prima.

Tomando como variación el % de inclusión de grasa de Copoazú y manteca de cacao, se desarrolló 4 formulaciones; Ca1 (muestra control), Co2 (inclusión de Copoazú 1%), Co3 (inclusión de Copoazú 1,5%), Co4 (inclusión de Copoazú 2,1%), cada uno de ellos fue evaluado tanto en el proceso de producción como en el templado del chocolate, identificando los tratamientos más idóneos por calidad y estabilidad para proceder posteriormente a realizar un análisis sensorial hedónico. (Vinces 2019)

Una vez elegido los mejores tratamientos, se tomarán 5 tabletas de chocolate, para determinar los valores de color y textura (dureza & fracturabilidad), para describirlos se utilizó la estadística descriptiva básico fundamental basada en la metodología de (Sethupathy et al. 2021)

La Figura 2-1 muestra el Tipo de diseño experimental que tiene una variable independiente: la sustitución parcial de manteca de cacao por grasa de Copoazú; y como variables dependientes: la aceptabilidad general de las coberturas de chocolate.

Figura 2-1: Tipo de Diseño experimental



Nota: Esquema experimental para la investigación sobre cobertura de chocolate real con sustitución de grasa de Copoazú.

Donde: Ca1: Sin sustitución (100% manteca de cacao); Ca2: 99 % Manteca de Cacao & 1 % Grasa de Copoazú; Ca3: 98.5 % Manteca de Cacao & 1.5 % Grasa de Copoazú; Ca4: 97.9 % Manteca de Cacao & 2.1 % Grasa de Copoazú.

Fuente: Elaboración propia,(2024)

Tabla 2-1: Ensayos para la evaluación de las tabletas con sustitutos

Materias primas	TRATAMIENTOS (%)			
	100% manteca de cacao			
	Ca1	Co1 Ca2	Co2 Ca3	Co3 Ca4
Pasta de cacao	26	26	26	26
Manteca de cacao	29	28,71	28,56	28,39
% Cacao	55	54,71	54,56	54,39
Azúcar blanca cristal	45	45	45	45
Total 1	100	99,71	99,56	99,39
Grasa de Copoazú	0	0,29	0,435	0,61
Total 2		100	100	100
% Manteca de cacao en Chocolate	42	41,71	41,56	41,39
% Grasas del chocolate	42	42	42	42

Nota: Tabla tratamientos (%), para la elaboración de las coberturas de chocolate con sustitutos de manteca de cacao por grasa de Copoazú. Para todos los tratamientos la lecitina corresponde al 0,5% calculados sobre el total del tratamiento

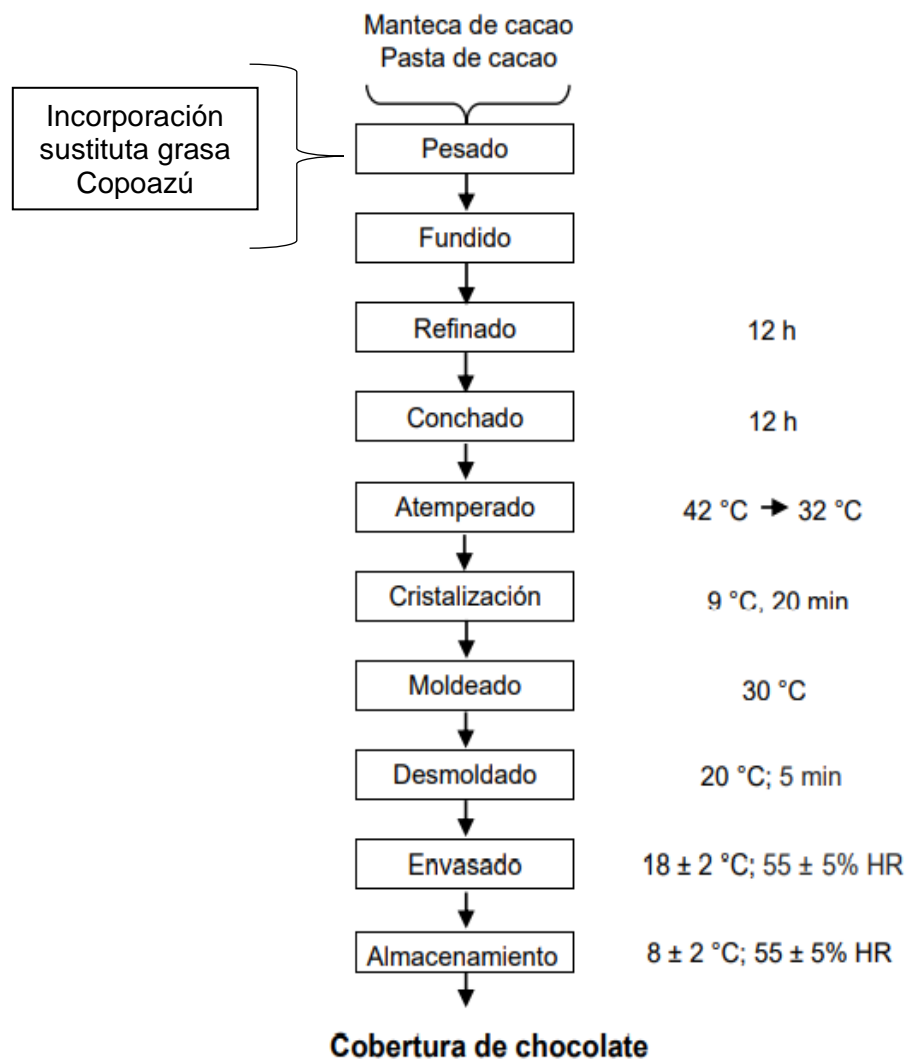
Ca1: Sin sustitución (100% manteca de cacao); Ca2: 99 % Manteca de Cacao & 1 % Grasa de Copoazú; Ca3: 98.5 % Manteca de Cacao & 1.5 % Grasa de Copoazú; Ca4: 97.9 % Manteca de Cacao & 2.1 % Grasa de Copoazú.

Fuente: Elaboración propia,(2024)

2.4. Procedimiento para la obtención del chocolate

Para el presente capítulo se utilizó como apoyo un estudio realizado por (Vinces 2019), que presenta una similitud, en el proceso para obtener a nivel industrial tabletas de chocolate, teniendo presente las diferentes operaciones unitarias y controles en cada una de las fases, que el cacao debe pasar para convertirse en chocolate, este estudio previo es fundamental para el capítulo.

FIGURA 2-2: Diagrama proceso del chocolate



Nota: Diagrama proceso del chocolate
Fuente: Adaptado de (Vinces, 2019, p. 46).

2.4.1. Pesado, tostado, descascarillado y molido

“En esta fase se debe llevar cada uno de los ingredientes derivados de la formula estándar, a un pesado, en una balanza analítica y de precisión”. (Vinces 2019)

Las semillas del cacao listas para procesar fueron suministradas por la asociación Asoprocacaoplat, (asociación de productores de caca de La Plata), de la finca Up Buenavista, ubicada en el municipio de La Plata Huila, al occidente del departamento del Huila, las semillas fermentadas y secas, arrojaron un índice de grano de 1.56 g y una humedad inicial de 6,5 %, la curva de tosti3n para dicha materia prima que se sugiri3 de acuerdo a los anteriores parámetros, fue una tosti3n baja, de 112°C por 22 minutos, la tosti3n se hizo en un horno tostador de tambor rotacional y paila de enfriamiento marca Spectra, con una capacidad de 30 kilos, con controles de temperatura y tiempo regulables.

Figura 2-3: Horno tostador de tambor rotacional y paila de enfriamiento



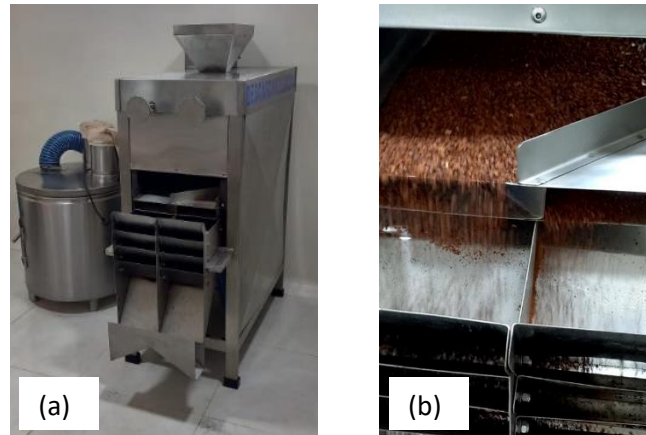
Nota:(a). Horno tostador de tambor rotacional, (b) variables de control de tiempo y temperatura, (c) proceso de tosti3n, liberaci3n del grano de cacao del tambor rotacional de tosti3n

Fuente: Elaboraci3n propia,(2023)

La siguiente fase, es retirar la cascarilla, proceso que se realiz3 posterior a la tosti3n, inicialmente con un descenso hasta la temperatura de 45°C del grano previamente tostado, temperatura 3ptima para realizar dicho proceso, procedimiento recomendado por los manuales de la empresa de chocolatería Shalena®, dado que el equipamiento

correspondía a una descascarilladora de grano de cacao, de rodillos con banda transportadora de vibración y separación de la cascarilla por gravedad a través de succión marca Spectra, esto daría acceso al nibs de cacao, materia prima para la obtención de las muestras de cacao.

Figura 2-4: Descascarilladora de grano de cacao, de rodillos con banda transportadora de vibración y separación de la cascarilla por gravedad a través de succión



(a). Descascarilladora, (b) proceso de separación de cascarilla y nibs de cacao

Fuente: Elaboración propia,(2023)

Una vez se logre el proceso de descascarillado y obtención de los nibs de cacao, procedemos extraer el licor de cacao, este ingrediente se encuentra en una fase que solo la presión y fricción a través del Molino de discos giratorios fabricado en acero inoxidable 304 opaco de discos giratorios de 8 pulgadas fabricados en acero al carbono marca Spectra, es capaz de extraerlo, cambiándolo de una fase solida a una liquida.

Figura 2-5: Obtención de licor de cacao a partir de los nibs de cacao



(a)Molino de discos giratorios, (b)primera molienda del cacao, (c) obtención licor de cacao

Fuente: Elaboración propia,(2023)

2.4.2. Fundido

La pasta de cacao, manteca de cacao, junto con el sustituto Copoazú deben estar previamente homogenizados por separado; luego son unificados bajo unos estándares que se adaptan según especificaciones de los equipos a utilizar, bien sea horno microondas u otros. Vincés (2019)

2.4.3. Refinado

Según Vincés (2019) “en esta etapa del proceso; genera la reducción de tamaño del total, de las partículas. Se colocarán primero la pasta de cacao y la manteca de cacao derretidas” (p. 31) junto con la grasa de Copoazú, luego la lecitina de soya y el azúcar.

De acuerdo a la figura 2-1 y respectiva tabla 2-1 de tratamientos, se procede a elaborar un control que corresponde a Ca1; este no posee incorporaciones de grasa de Copoazú, el tratamiento Ca2, Ca3 & Ca4 posee tratamientos con modificaciones en distintos porcentajes.

Figura 2-6: Alistamiento de las materias primas para la elaboración de cada tratamiento



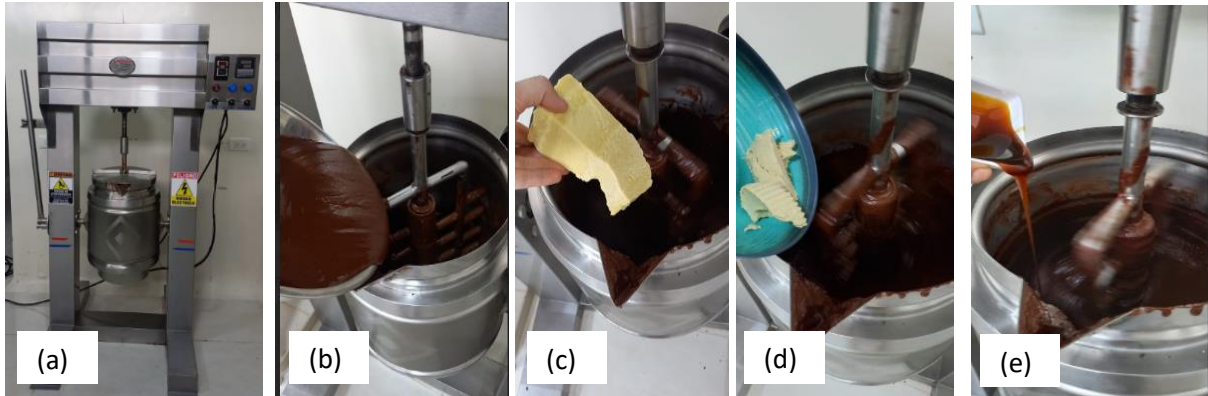
Nota: Ca1: Sin sustitución (100% manteca de cacao); Ca2: 99 % Manteca de Cacao & 1 % Grasa de Copoazú; Ca3: 98.5 % Manteca de Cacao & 1.5 % Grasa de Copoazú; Ca4: 97.9 % Manteca de Cacao & 2.1 % Grasa de Copoazú.

Fuente: Elaboración propia,(2023)

Las materias primas previamente sugeridas, son procesadas por un refinador cochandora de bolas, fabricada en acero inoxidable 304 marca Spectra, la olla es estática con doble

fondo con camisa térmica para controlar temperaturas, con su respectivo control y tiempo digital, posee válvulas de seguridad, paleta giratoria revolovedora, con un sinfín para recircular el chocolate, manteniendo el chocolate en constante agitación y movimiento.

Figura 2-7: Proceso de refinación y conchado de los respectivos tratamientos

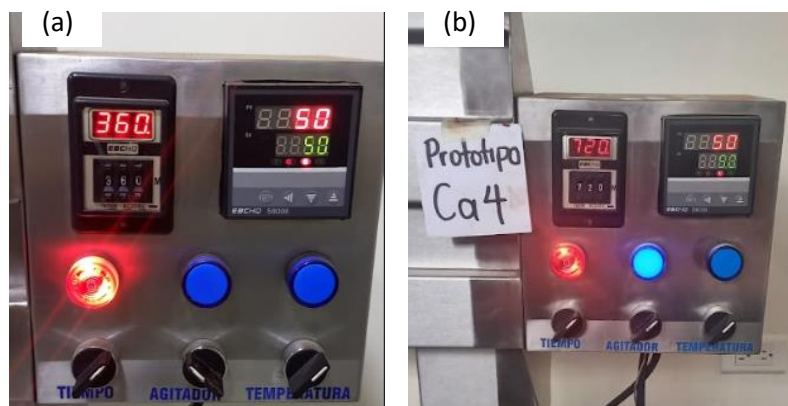


(a). Refinador de Bolas, (b) Licor de cacao, (c) manteca de cacao, (d) Grasa de Copoazú, (e) lecitina de soja

Fuente: Elaboración propia,(2023)

Las variables de control según, (Vinces 2019), sugiere mantener el refinador a 50°C por 12 horas, para el proceso se hizo control a 6 y 12 horas de refinamiento además de control del tamaño de partícula, para identificar el micraje idóneo del chocolate. Este procedimiento fue estándar para todos los tratamientos.

Figura 2-8: Control de tiempo y temperatura establecidas para el refinador de bolas.



(a). primer control a 6 horas y 50 °C, (b) segundo control a 12 horas y 50 °C

Fuente: Elaboración propia,(2023)

Figura 2-9: Control de tamaño de partícula con Grindometro

Nota: Ca1: Sin sustitución (100% manteca de cacao); Ca2: 99 % Manteca de Cacao & 1 % Grasa de Copoazú; Ca3: 98.5 % Manteca de Cacao & 1.5 % Grasa de Copoazú; Ca4: 97.9 % Manteca de Cacao & 2.1 % Grasa de Copoazú.

Fuente: Elaboración propia,(2023)

El control de tamaño de partícula con el grindometro arroja una lectura al cabo de 12 horas de refinamiento, de valores que se encuentran entre 7 & 10 micras, haciendolo muy fluido y ademas de presentar propiedades características del tratamiento control.

2.4.4. Conchado

Para (Vinces 2019) “en esta operación se desarrolla el flavor y se convierte el chocolate de una pasta espesa en un líquido que fluya libremente y pueda emplearse para fabricar los productos finales. Además, el conchado, al reducir la viscosidad, asegura que el chocolate tenga las propiedades de fluencia correctas para las siguientes etapas del proceso “. El conchado se realizó por 12 horas en equipos específicos de conchado de chocolate.

Los tratamientos se dejaron en reposo por un periodo de 72 horas, con el fin de posteriormente someterlos a el respectivo fundido y aplicación de la curva de templado, las condiciones fueron a temperatura ambiente que se encontraba a 28°C .

Figura 2-10: Rotulado de los distintos tratamientos obtenidos

Nota: Ca1: Sin sustitución (100% manteca de cacao); Ca2: 99 % Manteca de Cacao & 1 % Grasa de Copoazú; Ca3: 98.5 % Manteca de Cacao & 1.5 % Grasa de Copoazú; Ca4: 97.9 % Manteca de Cacao & 2.1 % Grasa de Copoazú.

Fuente: Elaboración propia,(2023)

2.4.5. Atemperado o Pre cristalización

Una pequeña cantidad de la grasa del chocolate es sometida a una técnica de precristalización controlada, “de modo que estos cristales, con la cantidad necesaria, forma polimórfica y tamaños correctos, constituyen núcleos o semillas, que, al devolverse a la grasa total, facilita que ésta se solidifique rápidamente, con los cristales apropiados” (Vinces 2019)

El atemperado manual, consiste en intercambio de temperatura del chocolate hacia el mármol frío, con el fin de formar los cristales con técnicas de movimiento; “friccionar constantemente la mezcla inicial contra la superficie del tablero, con la ayuda de espátulas de acero inoxidable, y recoger la cobertura cuando alcanza la temperatura deseada. La grasa cristalizada se agrega al resto del chocolate y se bate hasta que la temperatura sea uniforme”. (Vinces 2019)

2.4.6. Cristalización

Este proceso busca generar “la cantidad necesaria de cristales y la correcta forma polimórfica y tamaño, obteniendo propiedades organolépticas y calidad requerida. Se busca el ordenamiento de los cristales que se forman al temperar la pasta de chocolate maximizando la formación de los cristales”. (Afoakwa 2016)

Existen seis tipos de estructuras en las que pueden formarse los cristales en un chocolate. Las estructuras que se desean alcanzar son las de tipo V y VI debido a que son las más estables y compactas. Estas aseguran que el producto tenga una superficie brillante y no sea opaco, que cuente con buenas propiedades de fusión en la boca y no al manipularlo con la mano, que tenga la textura adecuada, que se facilite el posterior proceso de desmoldado y que se maximice el tiempo de vida evitando o retardando el defecto de afloramiento de grasa. (Beckett 2000); Yi (2017); (Vinces 2019)

2.4.7. Moldeado

Si el chocolate atemperado entra en contacto con una superficie caliente, los cristales del chocolate se empiezan a fundir, por lo que no habrá los suficientes para una solidificación adecuada. Por otro lado, el contacto inadecuado con una superficie fría, puede originar que parte de la grasa solidifique en una forma incorrecta. Esta grasa actuará como un cristal sembrado con la forma incorrecta, durante la etapa posterior de enfriamiento. Por consiguiente, es importante que los moldes vacíos se precalienten a una temperatura de unos pocos grados por debajo de la del chocolate atemperado, antes de empezar el proceso de moldeado. (Beckett 2000)

El moldeado se realizó utilizando moldes de plástico de polietileno de alta densidad, los que deben ser calentados previamente a 30 °C. La cobertura de chocolate derretida y fría (31 °C aproximadamente) se vierte en los moldes con ayuda de una cuchara y luego se retiró el exceso con una espátula de acero inoxidable. Inmediatamente después de llenado el molde, se hace vibrar manualmente, para expulsar las burbujas de aire de la masa. (Vinces 2019)

2.4.8. Desmoldado

(Vinces 2019) sugiere que el desmolde de las coberturas de chocolate debe hacerse sobre una plancha de acero inoxidable. Luego retirar los moldes y desmoldar en un ambiente con temperatura de 20°C.

2.4.9. Envasado

Se sugiere que las tabletas sean envasadas en material óptimo para alimentos, controlando condiciones de humedad y temperatura además de sistemas de almacenamiento como refrigeración que garantice las cualidades del producto; “En un ambiente con 18 ± 2 °C y humedad relativa de $60 \pm 5\%$. Almacenar las coberturas de chocolate envasadas; y llevadas a refrigeración a 8 ± 2 °C con una humedad relativa de $60 \pm 5\%$, hasta su utilización o respectiva aplicación”. (Vinces 2019)

2.5. Análisis Sensorial, físico y microbiológico de la tableta

2.5.1. Análisis sensorial de la tableta

En una primera fase, las tres formulaciones elaboradas con sustituciones son evaluadas en la producción, identificando si algún tratamiento debe o no ser descartado, defectos como el fat Bloom y sugar Bloom evidenciados posterior al proceso de templado a el momento de obtener las tabletas correspondientes, son claves para la selección final de los tratamientos que continúan. Recordemos que el “fat Bloom” o floración de la grasa ocurre cuando los cristales de grasa sobresalen del chocolate a la superficie, perturbando el reflejo de la luz y aparecen visibles como una película blanquecina de grasa. Aunque el producto con grasa no genera ningún riesgo para la salud pública o la seguridad del consumidor, lo hace inaceptable para su comercialización(Afoakwa 2016)

Para determinar la aceptabilidad general de las muestras restantes de cobertura de chocolate, se aplicará una prueba de evaluación sensorial con una escala hedónica del 1 al 5; donde 1: no me gusta nada y 5 me gusta mucho, Como lo menciona (Vinces 2019); la prueba de aceptabilidad general se realiza con luz blanca, las muestras de chocolate a 8 ± 2 °C, se mantendrán a temperatura ambiente antes de ser degustadas.

Se presenta a cada panelista 2 muestras de cobertura de chocolate, una muestra patrón y 1 con variación de grasa de Copoazú, cada muestra de 5 g. Se sirve agua mineral a temperatura ambiente a cada panelista entre muestras. El panel de evaluación está

conformado por 100 panelistas no entrenados entre 20 y + 51 años Residentes en la ciudad de Neiva, Huila.

La encuesta fue creada con la ayuda de la herramienta Google forms ® teniendo como base 4 preguntas de interés, con la finalidad de identificar la aceptación o no, del tratamiento de interés con el respectivo sustituto.

Los datos de la escala hedónica serán evaluados como lo establece el (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [ICONTEC] 2013), pruebas de comparación pareada, pruebas hedónicas bilateral para dos productos, además del análisis de datos, como lo establece la NTC 3930 prueba de signos.

Según GTC (Guía Técnica colombiana) 293:2018, para dos productos donde la situación que sugiere es que: “cada uno de los dos productos fue evaluado por todos los consumidores”, deben ser analizados por “prueba-t para muestras pareadas”, finalmente la NTC 3930 del 2015 en el numeral 8.2.5 “comparación de dos productos: prueba de signos” en la nota sugiere que “para este caso, realizar la prueba de comparación pareada de la NTC 2680:2013, es la prueba más adecuada” según el (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [ICONTEC] 2013).

2.5.2. Propiedades de color y textura (fracturabilidad y dureza) en la tableta de chocolate

En el texturómetro TA. TX plus, marca SYSTEM serial 10551 con una celda de carga de 30 kg se midió la dureza (g) y fracturabilidad (mm), usando los siguientes parámetros: velocidad antes de la prueba en 1,00 mm/s, velocidad durante la prueba en 3,00 mm/s, velocidad después de la prueba en 10,00 mm/s, distancia en 15,00 mm y fuerza de disparo en 50,0 g según el método seguido por (Sethupathy et al. 2021).

Para el respectivo análisis de textura donde los aspectos de interés obedecen, a la dureza y fracturabilidad, se toma como referencia los estudios realizados por (Sethupathy et al. 2021), calculando los valores de dureza expresados en Newton(N) y fracturabilidad expresados como el desplazamiento en mm que recorre el editamiento para fracturar la tableta, se compararon los valores entre tratamientos.

La medición de color fue realizada con un colorímetro HUNTELAB modelo Colorquest XE serial CQX3877. Se tomaron cuatro muestras de las barras y se realizaron los disparos del equipo con un ángulo de 90°, para determinar las respectivas diferencias de color, se utilizó la medida de color en el espacio CIELab, para los dos tratamientos de interés, se calculó el valor ΔE (diferencia de color), tal como lo menciona la NTC-ISO 13655 (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [ICONTEC] 2013b), “entre más alto sea el valor es porque la diferencia es mayor”

2.5.3. Evaluación microbiológica de las tabletas de chocolate.

El (Ministro de la Protección Social 2011) a través del Ministerio de Protección Social expide la resolución 1511 (2011) para chocolate y productos de chocolate para consumo humano, donde se realiza la prueba de contenido de *Salmonella*, el método horizontal para la detección de *Salmonella spp*, que tiene sus bases en la ISO 6579:2002, es implementado en las tabletas seleccionadas con el fin de identificar la presencia o ausencia y poder liberar el lote al consumidor sin riesgo alguno de tipo microbiológico.

2.5.4. Desarrollo de empaque y etiquetado nutricional

La resolución 810 de 2021 del (MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL 2021) establece el reglamento técnico sobre los requisitos de etiquetado nutricional y frontal que deben cumplir los alimentos envasados o empacados para consumo humano. La tabla nutricional corresponde a lo establecido por el capítulo VI. Catalogándose como formato vertical estándar según la misma resolución, los valores para el cálculo son tomados de la Tabla de Composición de Alimentos Colombianos (TCAC) 2018. Los sellos de advertencia sugeridos por el (Ministerio de salud y protección Social 2022) son ajustados a la Resolución 2492 de 2022 donde modifica los sellos redondos por octagonales, al ser la tabla nutricional un formato vertical estándar debe ocupar el 25% de la cara donde se ubique la etiqueta, los sellos octagonales tienen una medida ajustada al tamaño del diseño que se especifica en el capítulo VI de la Resolución 810 del 2021, y posteriormente ajustados en la Resolución 2492 de 2022.

3. Resultados y discusión

Con la realización del presente proyecto se obtuvieron tabletas de chocolate con sustitución de manteca de cacao por grasa de Copoazú, la aceptación por los consumidores fue alta, definiendo ciertos atributos propios de la manteca de Copoazú, además de características del proceso y elaboración de la respectiva tableta, que al final fue sometida a análisis microbiológicos para su idoneidad al consumidor.

3.1. Características fisicoquímicas de la grasa de Copoazú

Los datos obtenidos por triplicado para los tres lotes, fueron analizados por un análisis de varianza (ANOVA), con el fin de comparar las medias de los grupos de análisis de interés, identificando si hay o no diferencia significativa entre lotes, para los respectivos análisis realizados en los lotes.

Tabla 3-1: Resumen del ANOVA

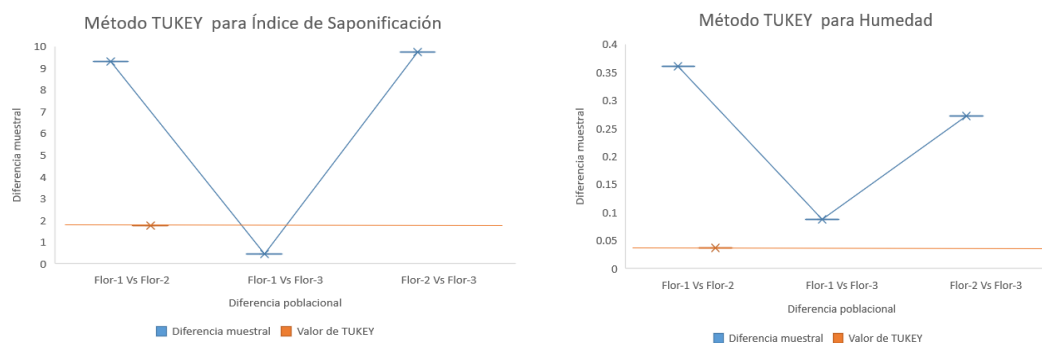
Análisis de Varianza ANOVA					
Lote	Índice peróxidos	Índice de Yodo	Índice de Saponificación	Índice de Ácidez	Humedad (%)
Florencia 1	0.25 ± 0.00 ^a	19.07 ± 0.20 ^a	185.5 ± 1.14 ^a	29.06 ± 0.70 ^a	0.44 ± 0.00 ^a
Florencia 2	0.68 ± 0.01 ^b	15.12 ± 0.06 ^b	194.79 ± 0.00 ^b	0.78 ± 0.00 ^b	0.08 ± 0.00 ^b
Florencia 3	0.43 ± 0.00 ^c	16.75 ± 0.03 ^c	185.08 ± 0.32 ^a	34.22 ± 0.80 ^c	0.36 ± 0.00 ^c

Los valores se expresan como promedio ± DE (n=3).

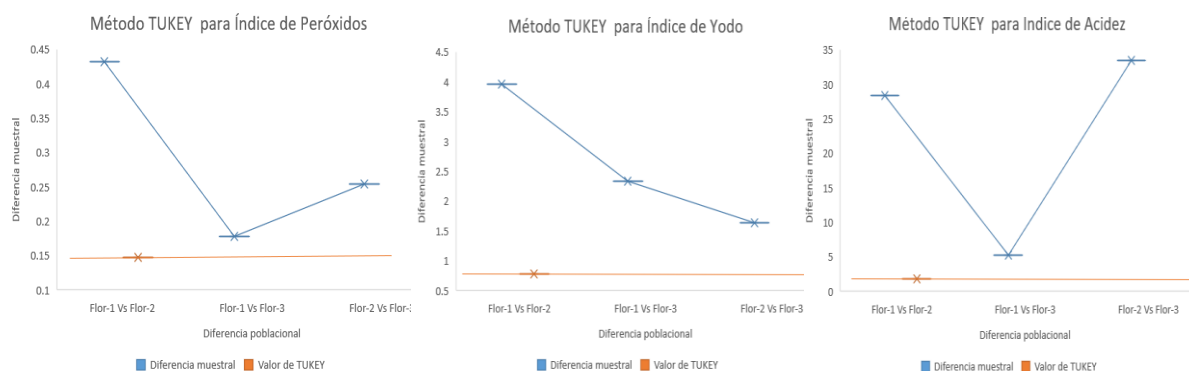
Para cada columna, diferentes letras indican diferencias significativas (P<0.05).

Fuente: Elaboración propia,(2024)

Figura 3-1: Comparativo valor TUKEY vs diferencias entre lotes



Nota: Para el Índice de saponificación no hay diferencias significativas entre el lote 1&3 mientras que para la humedad si hay diferencia significativa entre los tres lotes



Nota: Para el Índice de Peróxidos, Índice de yodo, Índice de ácidos si hay diferencia significativa entre los tres lotes

Comparando la diferencia muestral con el valor de TUKEY, entre las distintas combinaciones de lotes; valores que estén por encima serán diferentes significativamente, contrario a aquellos que estén por debajo del valor TUKEY, estos resultados son agrupados en la tabla 3-1.

La tabla 3-2, agrupa la caracterización de la grasa de Copoazu pertenecientes a el municipio de Florencia (caquetá), cada uno de estos lotes fue analizado por triplicado, posteriormente comparado con estudios realizados en Belen de los Andaquies, identificando diferencias en aspectos fisicoquimicos, como lo muestra la tabla 3-3.

Tabla 3-2: Análisis estadístico descriptivo básico fundamental de las muestras de grasa de Copoazú

	Caracterización manteca de Copoazú de Florencia, Caquetá				
	Índice de peróxidos	Índice de Yodo	Índice de Saponificación	Índice de Ácidos	Humedad (%)
Media	0.46	16.98	188.46	21.35	0.29
Error típico	0.06	0.58	1.60	5.20	0.05
Mediana	0.45	16.72	186.09	28.69	0.36
Desviación estándar	0.19	1.74	4.80	15.60	0.16
Varianza de la muestra	0.04	3.03	22.99	243.37	0.03
Mínimo	0.20	14.94	184.27	0.74	0.07
Máximo	0.74	19.34	194.85	34.82	0.46
Número total datos	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00

Nota: recopilación de datos tomados de los tres lotes, analizadas por triplicado e interpretados por estadística descriptiva básico fundamental.

Fuente: Elaboración propia,(2023)

Tabla 3-3: Caracterización de la grasa del Copoazú de origen Florencia, Caquetá & Belen de los andaquies

Análisis	Grasa de Copoazú Florencia*	Grasa de Copoazú Rivera (2020) *	Grasa de Copoazú Laboratorio Unal. Caquetá (ACBA) **
Índice de yodo (g I ₂ /100g muestra)	16.98 ± 1.74	36.74 ± 0.13	39.74 ± 0.43
Índice de saponificación (mg KOH/g)	188.46 ± 4.80	163.91 ± 4.17	161.91 ± 3.15
Índice de acidez (g ác. Oleico/100g aceite)	21.35 ± 15.6	4.17 ± 0.21	4.42 ± 0.46
Índice de peróxidos (mEqO ₂ /kg muestra)	0.46 ± 0.19	0.39 ± 0.01	0.49 ± 0.01
Humedad	0.29 ± 0.16		1.21 ± 0.31

Los valores son expresados como promedio ± DE(n=3) *;(n=1) **
Asociación de Copoazú de Belén de los Andaquies (ACBA)

Fuente: Elaboración propia,(2024)

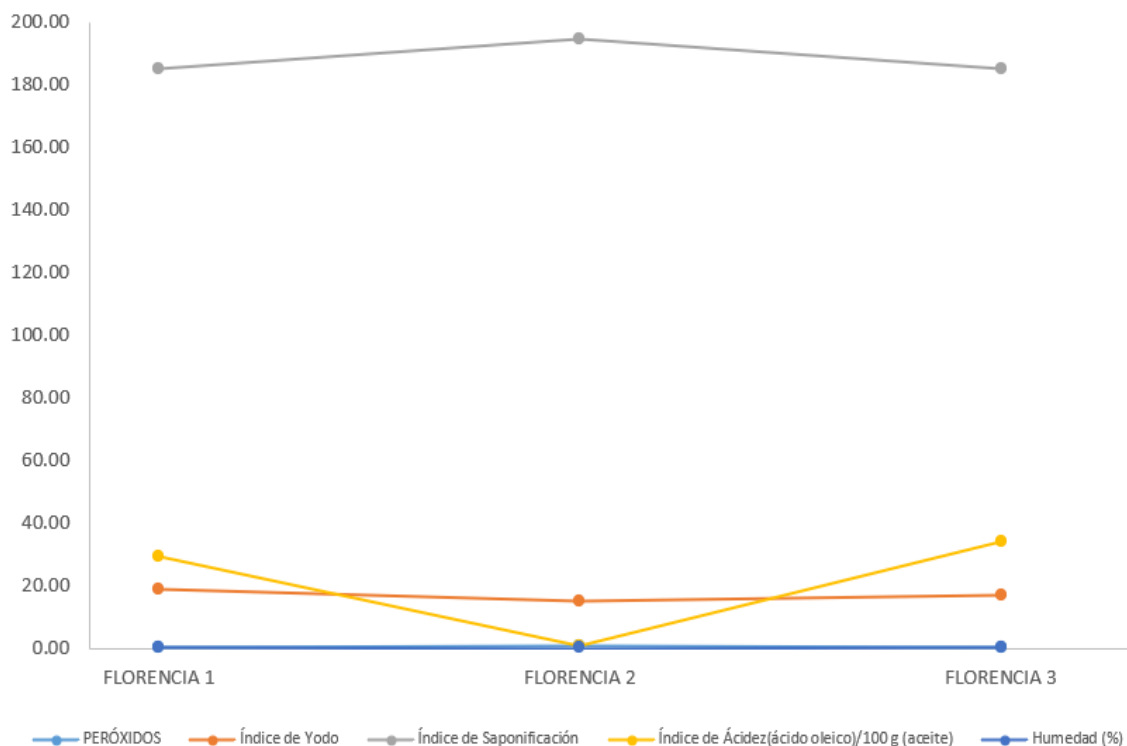
Para (Rivera 2020) el índice de yodo representa un grado de instauración de la materia grasa, siendo un parámetro que indica, la estabilidad oxidativa de los aceites, estando directamente asociado al grado de instauración de la composición de los ácidos grasos, el estudio del autor arroja valores de índice de yodo similares al presente, con valores de $36,7361 \pm 0,1279$, localizando ambos estudios en un rango superior al obtenido para mantecas de cacao, (Rivera 2020), justifica la variación con respecto a la composición de las grasas y cita que la vida útil / ácidos grasos insaturados están directamente relacionados, dado que la manteca de cacao tiene menos ácidos grasos insaturados, contrario a la manteca de Copoazú, que posee más insaturaciones y la vuelve más sensible a la oxidación y disminución de la vida útil.

La norma técnica colombiana 335 (NTC 335) ICONTEC, 2019; menciona el índice de saponificación como una medida de los ácidos esterificados libres, presentes en la grasa y en ácidos grasos. Por otro lado, (Jelassi et al. 2014), sugiere que con esta medida se puede predecir el tipo de triglicérido, ya que la composición por ácidos grasos de cadena corta arroja valores de saponificación más altos, para el análisis del resultado el índice de saponificación presenta valores promedio de 184.7 con una desviación estándar de 3.79 entre el análisis de una muestra por triplicado, los valores presentan una variación con respecto a los reportados por (Rivera 2020), de $163,9073 \pm 4,1668$ y una similitud con los valores que reporta el mismo autor sobre la manteca de cacao.

Para (Serra et al. 2019) la acidez corresponde al contenido de ácidos grasos libres, es por ello que aceites con alto nivel de insaturación son más susceptibles a alteraciones oxidativas, razón por la que arroja valores más altos de índice de acidez, en la grasa de Copoazú, con respecto a la manteca de cacao, autores como Rivera. (2020) reportan valores de índice de acidez de $4,1701 \pm 0,2153$, aclarando que puede deberse el incremento del valor al grado de refinación del aceite.

La NTC 236 (ICONTEC, 2011), menciona la dependencia de la muestra con el correcto almacenamiento, y que junto con el estudio de (Rivera 2020), resaltan el análisis de peróxidos como una fase inicial en el deterioro de la materia grasa, sin embargo, para la muestra el valor obtenido arroja valores menores a uno, análisis que fue tomada por triplicado en la muestra, evidenciando un correcto almacenamiento, que a valores más altos reflejaría las etapas del deterioro. (Serra et al. 2019) tomado de Alzan *et al.* (2010); Gotoh y Wada (2006)

Figura 3-2: Análisis fisicoquímicos comparativo para 3 lotes de grasa de Copoazú



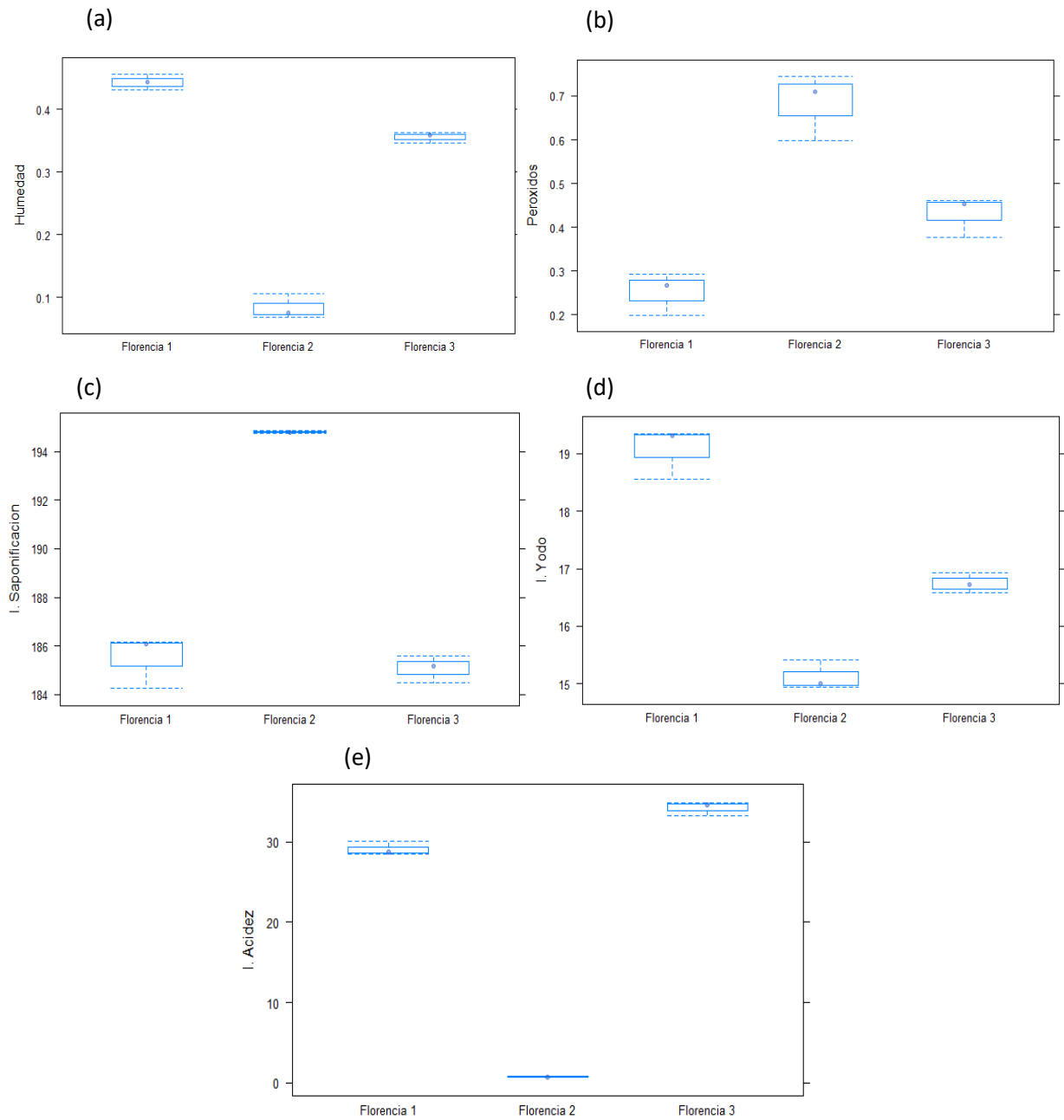
Fuente: Elaboración propia,(2024)

La figura 3-2 muestra el comportamiento general de los tres lotes de grasa de Copoazú analizados, se observa que el índice de acidez para muestra Florencia 2 es más bajo con respecto a los otras dos muestras, evidenciando una baja rancidez y estabilidad de la manteca, el índice de saponificación de Florencia 2 muestra valores ligeramente más altos, indicando según enunciados anteriores una presencia de ácidos grasos predominantes de cadena corta, esto ligado seguramente al respectivo índice de acidez, los valores del índice de yodo al igual que de peróxidos oscilan en valores similares, indicando similitud en la vida útil además de la estabilidad oxidativa de la respectiva grasa de Copoazú.

En la figura 3-3, se observa más al detalle el comportamiento de las variables fisicoquímicas, como humedad, Índice de peróxidos, Índice de yodo, Índice de Saponificación, Índice de Ácidez, con respecto a cada uno de los 3 lotes suministrados por el proveedor, evidenciando que el lote Florencia 2 por características de acidez y humedad, además de Índice de yodo, presenta las mejores resultados para ser utilizada como materia prima para la elaboración de las respectivas tabletas, las variaciones entre estos tres lotes, pueden estar sujetas a el tipo de extracción, la tipología de materia prima (grano de Copoazú), además de condiciones como factores climáticos.

Las muestras de interés son lotes suministrados en condiciones desconocidas con lo que respecta a el método de extracción, además de factores climáticos diferenciados durante la época del año, que hacen que la materia prima de interés tenga un comportamiento irregular, al ser una materia prima muy poco estudiada en la industria, el desconocimiento de cosecha y postcosecha hace que no haya un estándar en proceso de recolección, por otra parte, los procesos de fermentación y secado del grano no presentan una ruta de control que permita lograr una trazabilidad, esto dificulta la homogeneidad en datos, además de la identificación de las variables más representativas como los metodos de extracción de la grasa de Copoazú, los estudios que se relacionada a continuación tienen que ver con caracterizaciones en zonas donde algunos autores presentan resultados, para el caso del presente estudio, los resultados arrojan una variación entre análisis de interés de los diferentes autores y el comparativo de los resultados fisicoquímicos obtenidos, generando unas lecturas que serán tenidas en cuenta a la hora de elegir cual lote es el idóneo para ser utilizado como materia prima para la inclusión en los procesos de obtención del chocolate con sustitución.

Figura 3-3: Comportamiento individual de cada variable fisicoquímica analizadas con respecto al lote.



Nota: grafica a: comportamiento de la humedad con los respectivos lotes; grafica b: comportamiento del Índice de peróxido con los respectivos lotes, grafica c: comportamiento del Índice de saponificación con los respectivos lotes, grafica d: comportamiento del Índice de yodo con los respectivos lotes, grafica e: comportamiento del Índice de acidez con los respectivos lotes. 3

Fuente: Elaboración propia,(2024)

3.2. Elaboración de las tabletas de chocolate

3.2.1. Obtención de licor de cacao del grano *Theobroma Cacao*

La molturación (molienda) es un proceso en el cual se reduce el tamaño del producto mediante aplicación de fuerza de impacto, compresión y/o cortado. En el grano de cacao tiene dos objetivos; según (Beckett 2000), el primero es hacer partículas lo suficientemente pequeñas, el segundo es extraer el mayor contenido de grasa del interior de las células de cotiledón, y que según (Chire et al. 2020) “la manteca de cacao, constituye del 50% al 57% de un grano de cacao seco, siendo una parte importante del grano debido a sus diversas propiedades físicas, químicas y sensoriales”.

La finalidad de obtener licor de cacao como materia prima base, es el aprovechamiento de la molienda del grano, obteniendo la grasa del interior de las células, la cual pueda recubrir las partículas sólidas de naturaleza no grasa en el chocolate; por la composición del grano de cacao, este aporta la suficiente grasa para recubrir cualquier superficie nueva que se generan al romper las células, en este proceso incide el cambio del tamaño de las células con la viscosidad, como resultado lo vuelve más fluido, esta fluides está directamente asociada a la característica del proceso y temperatura; ya que la manteca de cacao, grasa que compone el grano de cacao, depende directamente de la temperatura. (Beckett 2000)

(Beckett 2000) menciona la necesidad de disminuir la partícula del cacao de aproximado de 5 mm a menos de 30 micras, lo que indica una disminución de 100 veces; para la obtención de dichas características, se procede a una molienda inicial que conlleva a la obtención de un líquido, compuesto por el fundido de la manteca de cacao además de partículas sólidas grandes, la segunda molienda busca disminuir el almidón del cacao o partículas grandes, que tiene un tamaño de partículas entre 2 y 12.5 micras por lo que no se destruye en el proceso de molienda, buscando cambiar de tamaño la relación masa sólido / líquido (SFC).

(Chire et al. 2020) menciona que el contenido de grasa sólida (SFC) es un parámetro que expresa la relación masa sólido / líquido de una grasa a diferentes temperaturas, afectando propiedades físicas como consistencia, estabilidad y también atributos sensoriales

importantes como: sabor, aroma y aceptabilidad general. El SFC entre 20°C a 25°C califica la dureza de la manteca de cacao. El rango de temperaturas en el que la disminución de la SFC es evidente, representa la resistencia al calor, mientras que la fusión rápida de 32°C a 35°C es responsable del enfriamiento y una sensación cremosa durante la degustación del chocolate.

(Alviárez G. et al. 2016) menciona que la manteca de cacao contiene 69,3% de ácidos grasos saturados y 30,7%, de insaturados”, por otro lado Ribeiro et al. como (Quast et al. 2011) son más específicos y argumentan la presencia de tres ácidos grasos principales: palmítico (P), esteárico (S) y oleico (O), estos ácidos grasos tienen una incidencia en la característica del chocolate, ligados a la cristalización, siendo materia de estudio, y una variable a controlar en el proceso de templado cuando se obtienen los respectivos chocolates, dado que las variaciones de las curvas de templado, serán asociadas directamente a estos ácidos grasos y a su composición porcentual en la materia grasa incluida en el proceso de obtención de chocolate.

3.2.2. Inclusión de la materia grasa de Copoazú

La manteca de cacao es el componente crítico en la elaboración del chocolate. Su origen y posterior procesado determinan las características físicas y de comportamiento del chocolate. Asociados a dureza, gusto, sensación en la boca, color e incluso olor dependen de la calidad y tipo de manteca. (Codini et al. 2004), también (Ruiz et al. 2022) menciona una propiedad de la manteca de cacao que consiste en fundir en pequeños rangos de temperatura, al ambiente o en la boca, consecuencia de la estructura química de los triacilglicéridos.

La capacidad de la manteca de cacao de fundir en rangos de temperatura, está asociados a la composición de los distintos ácidos grasos y los respectivos puntos de fusión, por ello (Vinces 2019), respaldando lo que sugieren (Codini et al. 2004) citan que “ los sustitutos de manteca de cacao, deben presentar curvas de punto de fusión de valores semejantes a las de la Manteca de cacao” enfatizando que las grasas polimórficas no láuricas que se definen como grasas o mezclas de grasas con un perfil de fusión, composición y polimorfismo similar a la manteca de cacao (CBE). (Bootello et al. 2012), deben ajustarse

al perfil de ácidos grasos y transiciones de punto de fusión al de la manteca de cacao, para que no afecte la estructura polimórfica y estabilidad en el chocolate.

(Alviárez G. et al. 2016) menciona que la grasa de Copoazú está constituida por un 50,43% de ácidos grasos saturados y 40,82% de insaturados, mientras que la manteca de cacao contiene 69,3% de ácidos grasos saturados y 30,7% de insaturados”, el mismo autor hace una comparación con la manteca de cacao, donde el aceite de Copoazú exhibe ácidos grasos similares, en distintas proporciones; en el caso del ácido graso palmítico y esteárico, se presenta menor contenido, mientras que aparece un mayor nivel de ácido oleico (36,30%), linoleico (3,60%) y araquídico (11,22%), por otro lado (Salinas y Bolívar 2012) citan que la grasa de cacao contiene predominantemente triglicéridos de ácidos grasos consistentes de ácidos oleico (37,3%), esteárico (34,4%), y palmítico (26,2%), estudio realizado para cacaos venezolanos que comparados con estudios del cacao peruano realizados por Chire et al. (2020), reporta contenidos de ácidos palmítico (27,70%), esteárico (30,70%), oleico (35,90%) y linoleico (3,50%).

Tabla 3-4: principales ácidos grasos de la manteca de cacao y grasa de Copoazú

Ácidos Grasos	Nomenclatura	cacao	copoazú
		Promedio (%) ± DE	
Oleico	C 18:1	33,2 ± 2,4	42,6 ± 0,9
Esteárico	C 18:0	34,7 ± 1,5	32,5 ± 1,2
Palmítico	C 16:0	28,1 ± 3,3	7,4 ± 0,4
Linoleico	C 18:2	2,3 ± 1,0	4,3 ± 0,9
α-Linoleico	C 18:3	0,2 ± 0,1	5,8 ± 6,5
Araquídico	C 20:0	1,0 ± 0,1	5,1 ± 5,7

Fuente: (Rivera 2020)

En la tabla 3-3, (Rivera 2020) realiza un comparativo donde evidencia la similitud en perfiles de ácidos grasos entre la manteca de cacao y la grasa de Copoazú, similitudes que varían en composición porcentual de los distintos ácidos grasos, aumentando la presencia de ácidos grasos insaturados a un valor de 52.7% para el caso de la grasa de Copoazú con respecto al aporte de manteca de cacao que es del 35.7%, valores de aportes nutricionales de interés al momento de utilizar grasas polimórficas no láuricas que se definen como grasas o mezclas de grasas con un perfil de fusión, composición y polimorfismo similar a la manteca de cacao (CBE), lo cual significa que la grasa de

Copoazú, representa una gran alternativa tanto nutricional como de sustitución en el proceso de elaboración de chocolates.

(Quast et al. 2011) realizó mezclas de manteca de cacao (mezcla de Bahía + Indonesia) con grasa de Copoazú, mostrando compatibilidad química y de cristalización, confirmando que se pueden utilizar mezclas hasta con un 20% de grasa de Copoazú en las formulaciones de chocolates, sin cambiar significativamente las propiedades físicas del producto final, sin embargo para Colombia la NTC 792 “Chocolate y sus sucedáneos para consumo directo” en los requisitos generales y específicamente en el numeral 4.3 establece que “En el chocolate para consumo directo se permite hasta un 5% de grasa vegetal, como sustituta de la manteca de cacao, y se debe declarar en el rótulo”, razón por la cual las formulaciones realizadas en la tabla 2-1: Ensayos para la evaluación de las tabletas con sustitutos, muestra que los niveles de sustitución no superan el 5% sobre el total de la manteca de cacao.

3.2.3. Obtención de las curvas optimas de templado para los respectivos tratamientos.

Para (Ribeiro et al. 2012), la manteca de cacao, evidencia seis formas polimórficas como resultado de su composición TAG (triglicéridos). Esta nomenclatura de los respectivos polimorfos de manteca de cacao también se puede encontrar basada en el sistema de numeración romano, donde las formas I, II, III, IV, V y VI; Con integración de combinaciones entre ellas dependen directamente de la temperaturas y punto de fusión de la matriz grasa que compone el chocolate.

(Quast et al. 2011) resalta que los triacilgliceroles muestran un comportamiento polimórfico complejo, fuertemente influenciado por el calor y la transferencia de masa durante la cristalización. La cristalización polimórfica está determinada principalmente por la velocidad de nucleación, que se rige por factores termodinámicos y cinéticos. Dependiendo de la velocidad de enfriamiento y el nivel de agitación, los triacilgliceroles aparecen en varias redes cristalinas: una (subcelda hexagonal), β' (o subcélula ortorrómbica) y β (subcélula triclinica) (Belitz y Grosch 1992). Los tres polimorfos se basan en estructuras de subcélulas que definen modos de empaquetamiento en sección transversal de la cadena alifática en zigzag. Cada polimorfo tiene un punto de fusión único y propiedades estructurales del cristal, que son de interés en las curvas del templado del chocolate. Está

estructura cristalina confiere a los productos de chocolate una excelente calidad en términos de brillo, textura y palatabilidad.

Autores como (Jahurul et al. 2013) menciona que la manteca de cacao (CB) tiene un punto de fusión relativamente bajo que varía de 27°C a 35°C, mientras que (Quast et al. 2011) resalta que el derretimiento de manteca de cacao se produce en una zona estrecha entre 27°C y 33°C y se completa esencialmente a 35°C. La CB es dura, quebradiza y su dureza depende del contenido de grasa sólida (SFC) y podría ser del 0% justo por encima de 37°C. Además, la naturaleza de la red cristalina también genera la dureza / consistencia de la grasa de la manteca de cacao. (Jahurul et al. 2013)

Para la elaboración del proceso de templado del chocolate se sugiere una curva aplicada en marmol, (Vinces 2019). que consistió en un fundido inicial del chocolate a 45°C -50°C, posteriormente un descenso a 28°C-30°C y finalmente aplicada a 30°C-32°C, sin embargo para la muestra Ca1, no presento inconvenientes al aplicar dicha curva, pero para los demás tratamientos si, esto dadas las condiciones y zona de aplicación, por lo tanto se ajusto la curva, para los tratamientos y logicamente para la muestra control. Quedando 45°C inicial en fundido, un descenso a 26°C y una aplicación a 30°C.

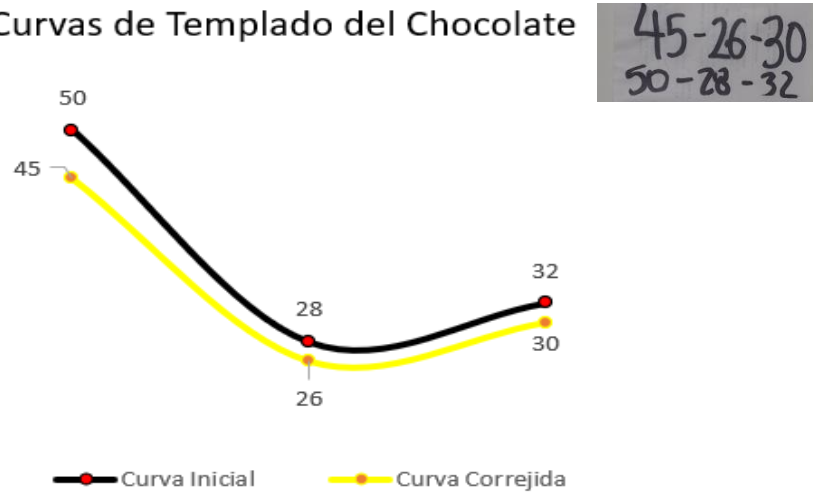
La figura 3-3 muestra la relación de las curvas corregida con respecto a la curva de templado del chocolate inicial, esta curva inicial es la que comercialmente se sugiere para chocolates semiamargos, dado la característica del desarrollo del chocolate con la respectiva inclusión de sustituto graso, el fenómeno de nucleación y poliformismo que menciona (Quast et al. 2011) se dará de forma similar a la manteca de cacao, por la coincidencia en los perfiles de ácidos grasos.

Sin embargo (Alviárez G. et al. 2016) expone una semejanza en composición porcentual de los ácidos grasos de la grasa de Copoazú, que difieren porcentualmente a los de la manteca de cacao, lo que daría respuesta a la disminución en la temperatura de la curva de templado, ya que aumenta la presencia de ácidos grasos insaturados los cuales necesitan un menor punto de fusión, con respecto a los ácidos grasos saturados, modificando la relación de ácidos grasos saturados - insaturados cambia, generando un impacto en el chocolate con sustitución, haciendo que el templado característico del chocolate tenga una variación.(ŞEKEROĞLU y KAYA 2021)

Según (Rivera 2020) La manteca puede cristalizar en seis formas diferentes (polimorfismo), cada una con tamaño y temperatura de fusión característica, sin embargo, solo una, la forma V (β_2) es la más estable y por ende más deseable para este producto, ya que su fusión debe darse cuando el producto entra en contacto con la boca (37 °C) y no al ambiente (25 °C).(Portero 2018)

Figura 3-4: Curva de templado inicial y estandarizada

Curvas de Templado del Chocolate



Nota: la curva de templado se rectifico debido a el comportamiento y cristalización de las respectivas tabletas, razon por la cual se sugirio una nueva curva, que se adapto de forma mas general a todos los tratamientos incluido el control.

Fuente: Elaboración propia,(2023)

Figura 3-5: Aplicación de curvas de templado y obtención de tabletas para los tratamientos correspondientes



Curva de templado inicial del tratamiento Ca2: (99 % Manteca de Cacao & 1 % Grasa)



Curva de templado corregida del tratamiento Ca3: 98.5 % Manteca de Cacao & 1.5 % Grasa de Copoazú.



Curva de templado corregida del tratamiento Ca4: 97.9 % Manteca de Cacao & 2.1 % Grasa de Copoazú.

Nota: Ca1: Sin sustitución (100% manteca de cacao); Ca2: 99 % Manteca de Cacao & 1 % Grasa de Copoazú; Ca3: 98.5 % Manteca de Cacao & 1.5 % Grasa de Copoazú; Ca4: 97.9 % Manteca de Cacao & 2.1 % Grasa de Copoazú.

Fuente: Elaboración propia,(2023)

Las curvas de templado aplicadas en los respectivos tratamientos, arrojaron inicialmente tabletas de alta calidad, con propiedades de brillo, snap y chasquido, características que son atribuidas a los chocolates finos, además con similitud al tratamiento control, sin embargo con el transcurrir del tiempo, salieron a afloración defectos de calidad como “fat Bloom” o floración de la grasa, impactando el reflejo de la luz por ende el brillo, apareciendo una película blanquecina de grasa modificando visualmente la tableta de chocolate. Aunque el producto con grasa no genera ningún riesgo para la salud pública o la seguridad del consumidor, lo hace inaceptable para su comercialización, (Afoakwa 2016), dichos defectos son evidenciados en los tratamientos Ca2: (99 % Manteca de Cacao & 1 % Grasa) & Ca3: (98.5 % Manteca de Cacao & 1.5 % Grasa de Copoazú).

Figura 3-6: Compendio de las tabletas obtenidas para los tratamientos de interés

Nota: 55% 0 Ca1: Sin sustitución (100% manteca de cacao); Ca2: 99 % Manteca de Cacao & 1 % Grasa de Copoazú; Ca3: 98.5 % Manteca de Cacao & 1.5 % Grasa de Copoazú; Ca4: 97.9 % Manteca de Cacao & 2.1 % Grasa de Copoazú.

Fuente: Elaboración propia,(2024)

3.2.4. Selección de los tratamientos para el análisis sensorial

La figura 3-6 muestra el compendio de tabletas obtenidas con las distintas curvas de templado, mientras que la figura 3-7 muestra los verdaderos aspectos de calidad que hicieron descartar en producción la viabilidad de los tratamientos Ca2 (99 % Manteca de Cacao & 1 % Grasa) y Ca3 (98.5 % Manteca de Cacao & 1.5 % Grasa de Copoazú), aspectos como fat Bloom, fueron percibidos en dichos tratamientos, y aunque se intentó corregir la curva, adaptando las temperaturas en el templado, fue imposible ajustarle, razón por la cual estos tratamientos fueron descartados, por calidad y estabilidad en producción.

Para (Afoakwa 2016a) la floración de la grasa “Fat Bloom” Ocorre cuando los cristales de grasa sobresalen de la tableta a la superficie, perturban el reflejo de la luz y aparecen visibles como una película blanquecina de grasa, haciendo que los productos sean inaceptables para la comercialización. y consumo. Aunque la aparición de “fat Bloom” no presenta ningún riesgo para la salud pública o la seguridad del consumidor, el proceso hace que el producto sea poco atractivo y, por lo tanto, no lo hace comestible. Puede ser

causada por las siguientes razones: Cristalización insuficiente durante el atemperado, recristalización sin el atemperado adecuado, diferencias de temperatura entre la superficie y el centro del producto, condiciones de enfriamiento incorrectas y condiciones de almacenamiento inadecuadas, es decir, humedad y temperatura.

Cuando el chocolate está mal atemperado, se cristaliza en la forma IV que se transforma posteriormente a la forma V más densa y estable. Durante esta transformación, parte de la manteca permanece en estado líquido a medida que la forma estable (V) se solidifica y contrae. Esto, junto con la liberación de energía térmica a medida que se cristaliza la forma más estable (V), donde la grasa líquida se fuerza entre las partículas sólidas y llega a la superficie donde los cristales grandes imparten una apariencia blanca, (Beckett et al. 2017)

Para (Afoakwa 2016a) naturalmente, la forma V se transforma lentamente en la forma VI más estable, cuando se almacena el producto durante largos periodos de tiempo, nuevamente influenciado por la temperatura. Este proceso también resulta en la formación de floración grasa. Cuando los productos con temperatura óptima se almacenan a altas temperaturas, como la exposición a la luz solar, se derrite el producto y durante la recristalización, en ausencia de siembra para garantizar la formación directa de la forma estable (V), se da una transición gradual de formas inestable a estable resultando en la floración de grasa.

Figura 3-7: Defectos de calidad para los tratamientos Ca2 y Ca3



Fuente: Elaboración propia,(2023)

Una vez se presentó los defectos de calidad en los tratamientos Ca2 (99 % Manteca de Cacao & 1 % Grasa), Ca3 (98.5 % Manteca de Cacao & 1.5 % Grasa de Copoazú), se

sugirió volver a producir el tratamiento Ca4 (97.9 % Manteca de Cacao & 2.1 % Grasa de Copoazú) con el fin de revisar al detalle la curva de temperaturas que se debe seguir para asegurar que la mayoría de cristales solidifiquen en la forma V haciéndola muy precisa y se fija de acuerdo al tipo de mezcla (con leche, o sin ella) o especie que se esté trabajando (*T. cacao* o *T. grandiflorum*) (Melgarejo et al. 2006) , buscando mejorar los aspectos de calidad que hicieron que se descartara los anteriores lotes, con los ajustes en la curva de templado se evidencio en el lote Ca4, una mejor estabilidad y comportamiento, ajustándose al tratamiento control y siendo la mejor opción en producción para ser el tratamiento que fuera a someterse al siguiente procedimiento de análisis sensorial de tipo hedónico, con panelistas no entrenados.

Figura 3-8: Producción del tratamiento Ca4.



Nota: Ca4: (97.9 % Manteca de Cacao & 2.1 % Grasa de Copoazú)

Fuente: Elaboración propia,(2023)

Finalmente, los tratamientos que serán sometidos al siguiente procedimiento será el tratamiento Ca1(100% manteca de cacao) y el tratamiento Ca4 (97.9 % Manteca de Cacao & 2.1 % Grasa de Copoazú) representados en la figura 3-9, estos dos tratamientos tienen una similitud en el comportamiento de cristalización, ligado a la curva de templado que se utilizó, por otro lado, se evidencia un comportamiento semejante en los parámetros de obtención de la tableta en el proceso de producción, estos tratamientos superan la primera fase que tiene que ver con su producción y templado, posteriormente serán evaluados a través de un análisis sensorial de tipo hedónico, con panelistas no entrenados, buscando identificar si hay o no diferencia significativa entre tratamientos.

Figura 3-9: Tratamientos seleccionados para los respectivos analisis sensoriales

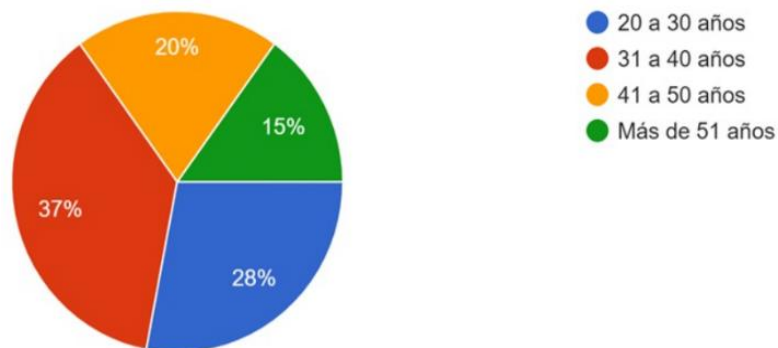
Nota: Ca1(100% manteca de cacao); Ca4 (97.9 % Manteca de Cacao & 2.1 % Grasa de Copoazú)
Fuente: Elaboración propia,(2023)

3.3. Análisis sensorial a los tratamientos seleccionados

3.3.1. Característica de la encuesta

Figura 3-10: Distribución porcentual de los rangos de edades de la población encuestada

Rango de edad
100 respuestas

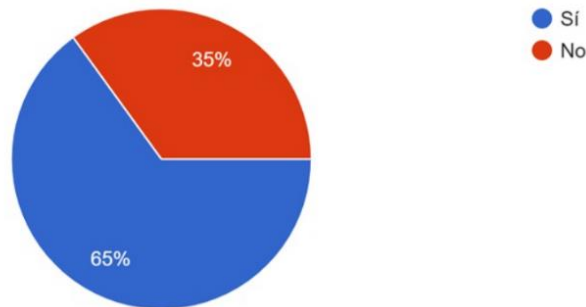


La población de interés oscila entre 20 y más de 51 años, donde el 85% los constituyeron edades entre 20 a 50 años, el restante 15% fueron edades superiores a 51 años

Fuente: Elaboración propia,(2023)

Figura 3-11: Distribución porcentual de la pregunta ¿consume usted chocolate amargo mínimo una vez cada mes?

¿Consumes usted chocolate amargo mínimo una vez cada dos meses?
100 respuestas

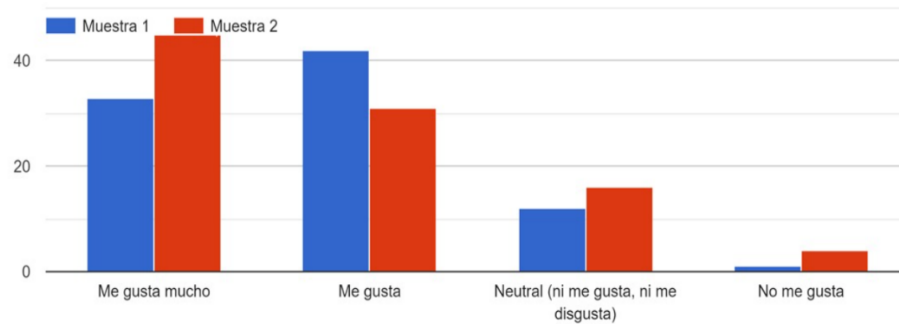


65 personas de las 100 personas encuestadas si lo hacen, el restante no consume chocolate amargo una vez al mes

Fuente: Elaboración propia,(2023)

Figura 3-12: Comportamiento de la escala hedónica, establecida para los dos tratamientos de interés.

Califique la muestra según su gusto

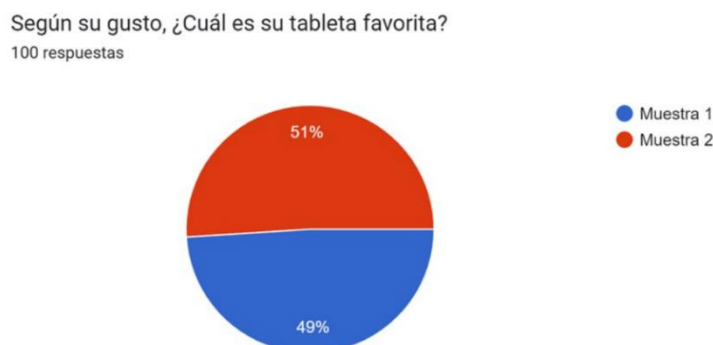


Nota: Muestra 1: Ca1(100% manteca de cacao); Muestra 2: Ca4 (97.9 % Manteca de Cacao & 2.1 % Grasa de Copoazú)

Fuente: Elaboración propia,(2023)

La escala hedónica constituía 5 ítems calificativos de interés, me gusta mucho, es en este caso la escala más alta, donde el diagrama de columna roja, que la muestra dos (Ca4) fue la que dominó con un 52% este calificativo, mientras que en me gusta fue la muestra 1 (Ca1) la que dominó el calificativo, para el calificativo neutral la muestra 2 arroja el mayor valor, igual que el mayor valor para el calificativo no me gusta, para el calificativo me gusta mucho, los encuestados no arrojaron valores.

Figura 3-13: Distribución Porcentual correspondiente a la pregunta ¿cuál es su tableta favorita?



Fuente: Elaboración propia,(2023)

Con un 51% de aceptación la tableta que la población encuestada eligió como favorita, corresponde a la muestra 2. Que para el caso es la que se denominó como Ca4, es decir el tratamiento con la variación e incorporación de grasa de Copoazú.

3.3.2. Análisis de la aceptación de la tableta.

Frente a la pregunta califique la muestra según su gusto, la prueba de comparación pareada sugiere una prueba de dos colas, “cuando se realiza la prueba entre dos muestras y lo que se persigue es simplemente obtener una respuesta de si existe diferencia o no en la muestra”.

Para analizar los datos, según la prueba de preferencia pareada NTC 2680:2013 establecemos un $\alpha=0.10$, $\beta=0.05$, $P_b=50\%$, $P=50\%$, con un total de evaluadores $n=100$, según la tabla A.2 de la NTC 2680:2013 el “número mínimo de respuestas consensuales requeridas para concluir que existe una diferencia significativa con base en una prueba pareada de dos colas (bilateral)” con un $\alpha=0.10$, obedece para la interpretación de las tabla A.2 a 59, en la aplicación del análisis y respectiva encuestas, se obtuvieron 51, lo que concluye que no hay diferencia significativa entre los tratamientos.

En la tabla A.3 de la NTC 2680:2013 se establece el “número máximo de respuestas correctas o consensuales requeridas para concluir que dos muestras son similares con base en una prueba pareada”, con un $\beta=0.05$, $P_b=50\%$, y $n=100$ la tabla establece que el número máximo es 66; el valor obtenido de la respectiva encuesta corresponde a 51, concluyendo que los dos tratamientos de interés son similares.

3.4. Análisis de las propiedades de color y textura (dureza y fracturabilidad) en la tableta de chocolate.

La tabla 3-3 recopila los resultados de los tratamientos de interés, los valores calculados para ΔE están localizados por encima de 3, por lo cual habría diferencia significativa entre los tratamientos con respecto al color, siendo perceptible el cambio de color al ojo humano, pero no incidiendo en la calidad del chocolate.

Tabla 3-5: Determinación de la diferencia de color entre los tratamientos de interés

ΔE	Ca1	Ca4
	L = 31.72 ± 1,70	L = 25,46 ± 1,71
6,94 ± 2.23	a* = 8,75 ± 0,62	a* = 10,23 ± 0,64
	b* = 9,41 ± 0,79	b* = 12,04 ± 3,02

Ca1:(100% manteca de cacao) y Ca4: (97.9 % Manteca de Cacao & 2.1 % Grasa de Copoazú). Los valores se expresan como promedio ± DE (n=5).

Fuente: Elaboración propia,(2023)

se observa en la tabla 5 que los valores del tratamiento Ca4, varía sutilmente en cuanto la dureza y ligeramente con respecto a la respectiva fracturabilidad; indicando tal como lo menciona (Rivera 2020), que las inclusiones de grasa de Copoazú en tabletas de chocolates, no son estableces al paso del tiempo, en el momento de la elaboracion de las respectivas tabletas las caracratericas de snap de las tabletas fue alta.

Tabla 3-6: Promedios de dureza y fracturabilidad de los respectivos tratamientos.

Formulación	Dureza (N)	Fracturabilidad (mm)
Ca1	48,25 ± 0,73 ^a	0,45 ± 0,10 ^a
Ca4	44,14 ± 1,06 ^a	0,39 ± 0,04 ^a

Ca1:(100% manteca de cacao) y Ca4: (97.9 % Manteca de Cacao & 2.1 % Grasa de Copoazú). Los valores se expresan como promedio ± DE (n=3).

Para cada columna, diferentes letras indican diferencias significativas (P<0.05).

Fuente: Elaboración propia,(2023)

La composicion de la manteca de Copoazú tiene mayor insaturaciones, arrojando un indice de yodo mayor que el de la manteca de cacao (Rivera 2020), razon por la cual la estabilidad en la dureza se ve comprometida, aunque en el estudio los resultados arrojan

que no hay diferencia significativa, en el comportamiento de las tabletas de chocolate con inclusion de grasa de Copoazú comparado con el chocolate que no tiene sustitucion.

La incorporacion de grasa de Copoazú en las tabletas de chocolate buscando una sustitucion porcentual de la manteca de cacao, arrojo que en los porcentajes que sujere la legislacion colombiana, no incide en aspectos de textura (dureza y fracturabilidad), contrario al analisis de color, que para efectos comparativos son evidenciados y percibidos por el ojo humano, sin embargo la variable color no incide sobre las características sensoriales de tipo gustativas, auditivas, olfativas del chocolate, haciendo que el sustituto sea una excelente alternativa, ya que al no incidir en el perfil de textura del chocolate, características como el brillo, homogeneidad, snap o crack, no impactan los aspectos sensoriales percibidos por los sentidos del gusto, el olfato además del oído, siendo estas características importantes para la matriz alimentaria denominada chocolate; tales atributos son importantes ya que están ligados a la curva de templado del chocolate como también de las transiciones de cristalización que sufren las mantecas incorporadas en el chocolate, al no haber cambio de textura además de las características paralelas cuando se incorporo grasa de Copoazú, se puede concluir que la realizacion de la tableta con incorporacion de grasa de Copoazú genera una alternativa que suple la necesidad de un sustituyente para la manteca de cacao, como alternativa funcional y tecnologica, para la industria del chocolate.(Díaz y Hernández 2020)

Finalmente se realizó un análisis microbiológico de *salmonella sp.* como requisito legal para evaluar la inocuidad y liberación del lote de producción, asegurando su consumo, por lo que el análisis de los tratamientos de interés fue AUSENTE, indicando que las condiciones de producción y manejo de la materia prima durante el proceso de obtención del chocolate con sustitución, fueron adecuadas abriendo la posibilidad para ser comercializado al público en general.

3.5. Rotulado Nutricional, Diseño de empaque y Presentación comercial final.

3.5.1. Rotulado nutricional

La resolución 810 de 2021 del Ministerio de salud y protección Social establece el reglamento técnico sobre los requisitos de etiquetado nutricional y frontal que deben cumplir los alimentos envasados o empacados para consumo humano. La tabla nutricional corresponde a lo establecido por el capítulo VI de la respectiva resolución, cumpliendo los respectivos numerales del capítulo y adaptándose al numeral 30.1, la tabla nutricional se cataloga como formato vertical estándar, los valores para el cálculo son tomados de la Tabla de Composición de Alimentos Colombianos (TCAC) 2018.

Los sellos de advertencia son ajustados a la Resolución 2492 de 2022 donde modifica los sellos redondos por octagonales y establece el Reglamento Técnico a través del cual se disponen las condiciones y requisitos que debe cumplir el etiquetado o rotulado nutricional y frontal de advertencia de los alimentos y bebidas envasadas o empacadas para consumo humano, con el propósito de proporcionar al consumidor final una información nutricional lo suficientemente clara y comprensible sobre el producto, y prevenir prácticas que induzcan a engaño o error y permitir al consumidor efectuar una elección informada.

Tabla 3-7: Etiquetado nutricional del Chocolate con sustitución

Información Nutricional	Calorías	Por 100 g	Por porción
		574 kcal	143 kcal
Grasa total		40 g	10 g
Grasa saturada		24 g	6.0 g
Grasa Trans		2.8 mg	0.7 mg
Tamaño de Porción: 1	Sodio	8 mg	2 mg
Unidad (25 g) Número	Carbohidratos totales	56 g	14 g
De porciones por	Fibra dietaria	0 g	0 g
envase: Aprox. 2	Azúcares totales	56 g	14 g
Azúcares añadidos		46 g	11 g
Proteína		8 g	2 g
Calcio		32 mg	8 mg
Hierro		1.2 mg	0.3 mg
No es fuente significativa de vitamina A, Vitamina D y Zinc			



Nota: tabla nutricional creada con valores de TCAC (2018) basada en resolución 810 del 2021 capítulo VI Numeral 30.1, los sellos de advertencia son basados en última actualización, Resolución 2492 de 2022.

3.5.2. Diseño de Empaque

Empaque diseñado para la chocolatería Shalena®, bajo los estándares establecidos por la Resolución 810 del 2021, al ser la tabla nutricional un formato vertical estándar debe ocupar el 25% de la cara donde se ubique la etiqueta, los sellos octagonales tienen una medida ajustada al tamaño del diseño que se especifica en el capítulo VI de la Resolución 810 del 2021, y posteriormente ajustados en la Resolución 2492 de 2022 numeral 32.4 tabla 18.

El empaque que se desarrolló para la tableta; hace honor a la amazonia colombiana lugar de procedencia de la materia prima *Theobroma grandiflorum* utilizada para la elaboración de la tableta con sustitución, de esta forma se representa gráficamente el mensaje que se le quiere dar a los consumidores del chocolate.

Figura 3-14: Empaque según normativa Colombiana



Nota: Empaque secundario para la tableta de chocolate con sustitución de grasa de Copoazú, Comercializada bajo el nombre de Exotic Amazónica, registrada para la Chocolatería Shalena®

3.5.3. Presentación comercial final

La tableta Ca4 con sustitución de manteca de cacao por grasa de Copoazú, represento una alternativa a los sustitutos utilizados para chocolates, por ello, se decidió comercializar la tableta desarrollada en el estudio, bajo el nombre de Exotic Amazónica, registrada para la Chocolatería Shalena®, actualmente ha hecho presencia en ferias comerciales locales de gran importancia nacional como CHOCOSHOW® en Bogotá, Colombia e internacional como CHOCOA® en Ámsterdam, Holanda; siendo éxito comercial, mostrando una gran alternativa en la industria del chocolate nacional e internacional.

Figura 3-15: Tableta de chocolate con sustitución de grasa de Copoazú



Nota: tratamiento Ca4: (97.9 % Manteca de Cacao & 2.1 % Grasa de Copoazú)

Fuente: Elaboración propia,(2023)

4. Conclusiones y recomendaciones

4.1. Conclusiones

- Los estudios de textura arrojaron que la sustitución, no incide con la dureza y fracturabilidad, siendo el tratamiento Ca4 la muestra que, al panelista, más le gusto, por tanto, la tableta de chocolate con incorporación de grasa de Copoazú (*Theobroma grandiflorum*) al 2.1%, indica que el sustituto graso de Copoazú es una gran alternativa para la industria del chocolate.
- Para la caracterización de la grasa de Copoazú (*Theobroma grandiflorum*), análisis de humedad, además de índice de yodo e índice de acidez tienen una relación con la calidad de la grasa de Copoazú, mientras que el índice de peróxidos e índice de saponificación, tienen una relación con las condiciones de almacenamiento y la vida útil de la muestra, razón por la cual en la caracterización de los lotes, evidencio cambios en aspectos y variación de la calidad entre los tres lotes analizados de grasa de Copoazú.
- La grasa de Copoazú (*Theobroma grandiflorum*), incide de forma directa en la estructura y formación de cristales característicos en el chocolate; por ello en el proceso de templado de los tratamientos, se evidencio efectos secundarios de calidad, asociados a la cristalización, razón principal para un ajuste en la curva de templado de los respectivos tratamientos de interés en el estudio, ya que los puntos de fusión de la relación de ácidos grasos saturados e insaturados cambia de proporción al incorporar el sustituto graso.
- Al analizar las variables de textura y asociarlas con los datos de aceptabilidad que arrojó la encuesta a los consumidores, se evidencia que no hay diferencia significativa entre los tratamientos de interés, por otro lado el perfil de textura, de igual forma que el análisis sensorial de tipo hedónico, arroja que no hay diferencia en las variables de textura estudiadas, la dureza y fracturabilidad, son las que el consumidor asocia y asimila entre los tratamiento y de interés para el tratamiento con la respectiva sustitución.

4.2. Recomendaciones

- Analizar las tabletas mediante técnicas como Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC), o difracción de rayos X, pueden ayudar a generar la curva de templado con mayor precisión, además de una cromatografía de gases, para identificar el perfil lipídico que aporta la grasa de Copoazú, identificando comportamientos de textura y calidad, respecto a un chocolate sin sustitución.
- Es importante determinar el mejor método de extracción de la grasa de Copoazú (*Theobroma grandiflorum*), con el fin de obtener materia prima de alta calidad y estándar, ya que el proceso de extracción es clave e incide en la composición y vida útil de la grasa de Copoazú, para este estudio, aplicamos la grasa de Copoazú suministrada por un proveedor sin evidenciar, el respectivo método de extracción, pero se evidencia cambios fisicoquímicos en los lotes, lo que podría estar relacionado con metodología de extracción y almacenamiento de la materia prima.
- Un segundo análisis sensorial sería interesante, con panelistas entrenado, esto hace que la tableta, genere un verdadero perfil sensorial, además de identificar aspectos muy propios, característicos del chocolate, y poder evidenciar el impacto a nivel sensorial de la tableta con sustitución.
- Es importante generar un estudio de vida útil, que evidencie en diferentes tiempos, el comportamiento de la sustitución de manteca de cacao por grasa de Copoazú (*Theobroma grandiflorum*) en el tratamiento de interés, ya que muchos estudios arrojan que la estabilidad de la grasa de Copoazú, varía en el tiempo, esto podría afectar de forma directa la calidad de las tabletas de interés, esto con el fin de identificar si hay o no, pérdidas de cualidades y calidad de la respectiva tableta de chocolate con sustitución.

Bibliografía

- Abbott, Philip C., Tamara J. Benjamin, Gary R. Burniske, Marcia M. Croft, Marieke C. Fenton, Colleen R. Kelly, Mark M. Lundy, Fernando Rodriguez Camayo, y Michael D. Wilcox Jr. 2019. "Análisis de la Cadena Productiva del Cacao en Colombia". Análisis de la cadena productiva del cacao en Colombia.
- Afoakwa, Emmanuel Ohene. 2016. *Chocolate Science and Technology: Second Edition*.
- Alviárez G., E., W. Murillo A., E. Murillo P., B. A. Rojano, y J. J. Méndez A. 2016. "Caracterización y extracción lipídica de las semillas del cacao amazónico [*Theobroma grandiflorum*]." *Ciencia en Desarrollo* 7(1). doi: 10.19053/01217488.4237.
- Angulo, Maria Alejandra Muñoz. 2019. "Comportamiento Del Mercado Del Cacao En Colombia, Ecuador Y Perú Del Año 2007 Al 2018 Y Sus Futuros." N.a 0(9).
- Badui, D. S. 2013. *Química de los Alimentos*. Mexico: Pearson.
- Beckett, Stephen, Mark Fowler, y Gregory R. Ziegler. 2017. *Beckett's Industrial Chocolate Manufacture and Use. FIFTH*. John Wiley & Sons Ltd.
- Beckett, Stephen. T. 2000. *La Ciencia del Chocolate*. España: Acribia.
- Belitz, D. H., y W. Grosch. 1992. *Química de los Alimentos*. Acribia.
- Benjamin, Tamara J., Mark M. Lundy, Philip C. Abbott, Gary R. Burniske, Marcia M. Croft, Marieke C. Fenton, Colleen Kelly, Fernando Rodríguez-camayo, y Michael D. Wilcox. 2017. "Cacao para la Paz: Un Análisis de la Cadena Productiva de Cacao en Colombia Contenido Cacao en Colombia". Presentacion centro internacional de agricultura tropical (CIAT).
- Benvenuto, Ardiles R. 2017. "Estudio de la dinámica de cristalización de tres aceites de interés industrial, y caracterización de su microestructura final". <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/170423>.
- Bootello, Miguel A., Richard W. Hartel, Rafael Garcés, Enrique Martínez-Force, y Joaquín J. Salas. 2012. "Evaluation of high oleic-high stearic sunflower hard stearins for cocoa butter equivalent formulation". *Food Chemistry* 134(3). doi: 10.1016/j.foodchem.2012.03.040.
- Chire-Fajardo, Gabriela Cristina, Milber Oswaldo Ureña-Peralta, y Richard W. Hartel. 2020a. "Fatty acid profile and solid fat content of Peruvian cacao for optimal production

- of trade chocolate". *Revista chilena de nutrición* 47(1):50–56. doi: 10.4067/S0717-75182020000100050.
- Chire-Fajardo, Gabriela Cristina, Milber Oswaldo Ureña-Peralta, y Richard W. Hartel. 2020b. "Fatty acid profile and solid fat content of peruvian cacao for optimal production of trade chocolate". *Revista Chilena de Nutricion* 47(1). doi: 10.4067/S0717-75182020000100050.
- De Clercq, Nathalie, Kim Moens, Frédéric Depypere, José Vila Ayala, Gijs Calliauw, Wim De Greyt, y Koen Dewettinck. 2012. "Influence of cocoa butter refining on the quality of milk chocolate". *Journal of Food Engineering* 111(2):412–19. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2012.01.033.
- Codini, Melina, Florencia Díaz Vélez, Marina Ghirardi, y Inés Villavicencio. 2004. "Obtención y utilización de la manteca de cacao". *Invenio* 7(12).
- Contreras Pedraza, Carlos Alberto, y Carlos Contreras. 2017. "Análisis de la cadena de valor del cacao en Colombia: generación de estrategias tecnológicas en operaciones de cosecha y poscosecha, organizativas, de capacidad instalada y de mercado".
- Damodaran, S. ..., K. L. Parkin, y O. R. Fennema. 2010. *Química de los Alimentos*. tercera edición. zaragoza: Acribia.
- Díaz, Raquel O., y María S. Hernández. 2020. "Theobromas de la Amazonia Colombiana: una alternativa saludable Theobromas de la Amazonia Colombiana: una alternativa saludable Theobromas from the Colombian Amazon: a healthy alternative". *Información Tecnológica* 31(2).
- Federación Nacional de Cacaoteros. FEDECACAO. 2020. Aumento de la producción mediante renovación. .
- Federación Nacional de Cacaoteros. FEDECACAO. 2020. Pese a las adversidades el 2019 dejó cifras positivas para el sector cacaotero.
- Fennema, O. R. 1993. *Química de los alimentos*. Segunda edición. Zaragoza: Acribia.
- Gioielli, L. A., I. S. Simões, y J. N. Rodrigues. 2003. "Crystal morphology and interactions of binary and ternary mixtures of hydrogenated fats". *Journal of Food Engineering* 57(4). doi: 10.1016/S0260-8774(02)00355-2.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas (ICONTEC). 2009. *Grasas y Aceites Animales y Vegetales. Muestreo*. Colombia.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [ICONTEC]. 2011. *Grasas y Aceites Vegetales y Animales. Determinación del Índice de Ácidez y de la acidez*. Colombia.

-
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [ICONTEC]. 2013a. Análisis sensorial. Metodología. Prueba de comparación pareada. Colombia.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [ICONTEC]. 2013b. Tecnología gráfica. Medición espectral y cálculo colorimétrico para imágenes en tecnología gráfica. Colombia.
- Jahurul, M. H. A., I. S. M. Zaidul, N. A. N. Norulaini, F. Sahena, S. Jinap, J. Azmir, K. M. Sharif, y A. K. Mohd Omar. 2013. "Cocoa butter fats and possibilities of substitution in food products concerning cocoa varieties, alternative sources, extraction methods, composition, and characteristics". *Journal of Food Engineering* 117(4). doi: 10.1016/j.jfoodeng.2012.09.024.
- Jelassi, Amira, Imed Cheraief, M'hamed Ali Hamza, y Hichem Ben Jannet. 2014. "Chemical composition and characteristic profiles of seed oils from three Tunisian Acacia species". *Journal of Food Composition and Analysis* 33(1). doi: 10.1016/j.jfca.2013.11.001.
- Latimer, George W., ed. 2023a. *Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL*. Oxford University Press New York.
- Latimer, George W., ed. 2023b. *Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL*. Oxford University Press New York.
- León, Sergio, y Jineth Posso. 2018. "Evaluación del comportamiento de los triglicéridos POP, POS Y SOS en la cristalización fraccionada y separación de una mezcla grasa para la obtención de CBE". Fundación Universidad de América.
- Marangoni, Alejandro, y Sara McGauley. 2002. "Static Crystallization Behavior of Cocoa Butter and Its Relationship to Network Microstructure". en *Physical Properties of Lipids*. CRC Press.
- Melgarejo, L., M. Hernández, J. Barrera, y M. Carrillo. 2006. *Oferta y potencialidades de un banco de germoplasma del género Theobroma en el enriquecimiento de los sistemas productivos de la región amazónica*. primera. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas - Sinchi.
- Ministerio de Salud Y Protección Social. 2021. Resolución 810 de 2021. Colombia.
- Ministerio de Salud y Protección Social. 2022. Resolución 2492 de 2022. Colombia.
- Ministerio de Salud y Protección Social. 2011. Resolución 1511 de 2011.
- Portero Mira, Zaira. 2018. "El Napping, Una Técnica Sensorial Aplicada En Diferentes Productos". Trabajo Fin de Grado.

-
- Quast, L. B., V. Luccas, y T. G. Kieckbusch. 2011. "Physical properties of pre-crystallized mixtures of cocoa butter and cupuassu fat". *Grasas y Aceites* 62(1):62–67. doi: 10.3989/gya.034010.
- Ribeiro, A. P. B., R. Claro da Silva, L. A. Gioielli, M. I. De Almeida Gonçalves, R. Grimaldi, L. A. G. Gonçalves, y T. Guenter Kieckbusch. 2012. "Physico-chemical properties of Brazilian cocoa butter and industrial blends. Part I Chemical composition, solid fat content and consistency". *Grasas y Aceites* 63(1):79–88. doi: 10.3989/gya.069011.
- Ribeiro, A. P. B., R. Corrêa Basso, L. A. G. Gonçalves, L. A. Gioielli, A. Oliveira dos Santos, L. Pavie Cardoso, y T. Guenter Kieckbusch. 2012. "Physicochemical properties of Brazilian cocoa butter and industrial blends. Part II Microstructure, polymorphic behavior and crystallization characteristics". *Grasas y Aceites* 63(1):89–99. doi: 10.3989/gya.069111.
- Rivera, Giraldo Angélica Azucena. 2020. "Desarrollo de un producto tipo chocolate en barra a partir de semillas de Copoazú (*Theobroma grandiflorum*)". Bogotá D.C.
- Ruiz, M. J., P. Caballero, Luz A, y O. Yohana Maldonado. 2022. "Influencia de la cristalización de la manteca de cacao en las propiedades sensoriales y físico-químicas de una cobertura de chocolate con leche". @limentech, *Ciencia Y Tecnología Alimentaria* 10.
- Salinas, Nancy, y Wilmer Bolivar. 2012. "Ácidos grasos en chocolates venezolanos y sus análogos". *Anales Venezolanos de Nutricion* 25(1).
- Şekeroğlu, Gülten, y Ahmet KAYA. 2021. "Effects of shear and cooling rates on the crystallization behavior of cocoa butter". *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*. doi: 10.29050/harranziraat.843455.
- Serra, Josilene Lima, Antônio Manoel da Cruz Rodrigues, Rilton Alves de Freitas, Antonio José de Almeida Meirelles, Silvain Henri Darnet, y Luiza Helena Meller da Silva. 2019. "Alternative sources of oils and fats from Amazonian plants: Fatty acids, methyl tocopherols, total carotenoids and chemical composition". *Food Research International* 116. doi: 10.1016/j.foodres.2018.12.028.
- Sethupathy, Priyanka, S. R. Priyadarshini, Jeyan A. Moses, y Chinnaswamy Anandharamakrishnan. 2021. "Matrix-dependent oral processing, oro-sensory perception, and glycemic index of chocolate bars". *Journal of Food Processing and Preservation* 45(12). doi: 10.1111/jfpp.16067.
- Vinces, Gordillo Susan Jelytza. 2019. "Efecto de la sustitución parcial de manteca de cacao por extracto concentrado de yacón y de la adición de lecitina de soya en el color,

viscosidad, firmeza y aceptabilidad general en una cobertura de chocolate".
Universidad Privada Antenor Orrego.