

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALURGIA

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**



TESIS:

**Perfil del ácido graso del cacao (*Theobroma cacao* L.) VRAE-99
y características físico-químicas del chocolate con diferentes
porcentajes de cacao**

Para optar el título profesional de:
INGENIERA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

PRESENTADO POR:
Bach. Vanessa QUINTANA COLLAHUACHO

ASESOR:
Dr. Alberto Luis HUAMANÍ HUAMANÍ

AYACUCHO - PERÚ

2025

DEDICATORIA

A mis queridos padres, Eulogia y Genaro, por su amor infinito, apoyo incondicional y sabias palabras de aliento, que hicieron de este sueño una realidad.

A Kleduin, por su compañía y motivadoras palabras que me impulsaron a seguir adelante en cada momento.

Y a mi pequeño Eliot, la luz de mi vida, fuente inagotable de inspiración y alegría.

AGRADECIMIENTO

Mi mayor agradecimiento a Dios, por acompañarme en este proceso, por brindarme la oportunidad de cumplir mi sueño anhelado.

A mi casa superior de estudios Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, por acogerme en sus aulas haciendo posible mi formación profesional.

A los docentes de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia.

A los docentes de mi querida Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias.

A mi estimado asesor, Dr. Alberto Luis Huamani Huamani, por encaminar el presente trabajo, aportando sus conocimientos de investigación, por la paciencia y dedicación en la ejecución del presente trabajo de investigación.

A la Ing. Yamily Quispe Camacho, por compartir sus conocimientos y habilidades sensoriales como catadora, contribuyendo al desarrollo del trabajo de investigación.

A mis amigas de la EPIIA, por ser parte de mi formación profesional y personal.

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo general, determinar el perfil del ácido graso del cacao (*Theobroma cacao L.*) VRAE-99 y características físico-químicas del chocolate con diferentes porcentajes de cacao. La metodología aplicada para determinar el perfil de los ácidos grasos fue el método de cromatografía de gases-espectrometría masas. Para los polifenoles totales fue usado la metodología de cuantificación del ácido gálico (GAE) y para flavonoides el Equivalente a la quercetina (QE) ; para la actividad antioxidante se usó los métodos: DPPH, ABTS y FRAP. Como conclusiones se tiene: El Ácido Láurico (C12:0), Ácido Palmítico (C16:0), Ácido Palmitoleico (C16:1), Ácido Heptadecanoico/margárico (C17:0), Ácido Heptadecanoico/margaroleico (C17:1), Ácido Oleico (C18:1 cis), Ácido Linoleico (C18:2 cis), Ácido - γ -Linoleico (C18:3n6), Ácido Alquídico (C20:0) y Ácido Eicosenoico (C20:1 cis 11). fueron, cuantitativamente, los ácidos grasos más importantes en el cacao VRAE-99. Las propiedades fisicoquímicas de humedad, actividad de agua, ácido graso libre e índice de peróxido fueron bajos para los chocolates con 60%, 70% y 80% de cacao respectivamente. Los chocolates con 60%, 70% y 80% de cacao presentan una buena estabilidad a la adsorción de humedad según la forma de la isoterma de adsorción de agua. A mayor contenido de cacao en los chocolates es mayor el contenido de polifenoles totales y flavonoides, y correlativamente mayor poder antioxidante de los chocolates. Durante el almacenamiento a condiciones de temperatura ambiental de 15 a 20 °C, los chocolates no presentaron cambios significativos en sabores frutales, aroma y defectos; contrariamente se observó un ligero incremento en acidez, amargor y astringencia en los chocolates con 60%, 70% y 80% de cacao.

ABSTRACT

The general objective of this research is to determine the fatty acid profile of cocoa (*Theobroma cacao* L.) VRAE-99 and the physicochemical characteristics of chocolate with different percentages of cocoa. The methodology applied to determine the fatty acid profile was the gas chromatography-mass spectrometry method. For total polyphenols the Gallic Acid Quantification (GAE) methodology was used and for flavonoids the Quercetin Equivalent (QE); for antioxidant activity the following methods were used: DPPH, ABTS and FRAP. As conclusions: Lauric Acid (C12:0), Palmitic Acid (C16:0), Palmitoleic Acid (C16:1), Heptadecanoic/Margaric Acid (C17:0), Heptadecanoic/Margaroleic Acid (C17: 1), Oleic Acid (C18:1 cis), Linoleic Acid (C18:2 cis), - γ -Linoleic Acid (C18:3n6), Alkyd Acid (C20:0) and Eicosenic Acid (C20:1 cis 11). were, quantitatively, the most important fatty acids in VRAE-99 cocoa. The physicochemical properties of moisture, water activity, free fatty acid and peroxide value were low for chocolates with 60%, 70% and 80% cocoa, respectively. Chocolates with 60%, 70% and 80% cocoa showed good stability to moisture adsorption according to the shape of the water adsorption isotherm. The higher the cocoa content in the chocolates, the higher the content of total polyphenols and flavonoids, and correlatively the higher the antioxidant power of the chocolates. During storage at ambient temperature conditions of 15 to 20 °C, the chocolates did not show significant changes in fruit flavors, aroma and defects; on the contrary, a slight increase in acidity, bitterness and astringency was observed in the chocolates with 60%, 70% and 80% cocoa.

ÍNDICE GENERAL

Contenido	pág.
I. INTRODUCCIÓN.....	1
Formulación del problema.....	3
Problema general.....	3
Problemas específicos.....	3
Objetivos.....	4
Objetivo general.....	4
Objetivos específicos.....	4
II. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 ANTECEDENTES.....	5
2.2 CACAO.....	9
2.2.1 Componentes fisicoquímicos.....	10
2.2.2 Compuestos bioactivos.....	15
2.2.2.1 Polifenol.....	16
2.2.2.2 Flavonoides.....	18
2.2.2.3 Antocianina.....	19
2.2.2.4 Actividad antioxidante.....	21
2.3 CHOCOLATE.....	22
2.3.1 Alteraciones físicas del chocolate durante almacenamiento.....	23
2.3.2 Alteraciones químicas del chocolate durante almacenamiento.....	24
2.3.3 Alteraciones sensoriales del chocolate durante almacenamiento.....	27
2.3.3.1 Factores intrínsecos.....	30
2.3.3.2 Factores extrínsecos.....	32
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	33

3.1 POBLACIÓN	33
3.2 MUESTRA	33
3.3 LUGAR DE EJECUCIÓN	33
3.4 MATERIALES DE VIDRIO	34
3.5 REACTIVOS.....	35
3.6 EQUIPOS E INSTRUMENTOS	36
3.7 DISEÑO METODOLÓGICO	36
3.7.1 Enfoque	36
3.7.2 Tipo	36
3.7.3 Diseño	36
3.7.4 Preparación de pasta de cacao.....	36
3.7.5 Preparación de chocolates de diferentes porcentajes.	37
3.1.1.1. Formulación de chocolate 60 % cacao	38
3.1.1.2. Formulación de chocolate 70 % cacao	38
3.1.1.3. Formulación de chocolate 80 % cacao	38
3.7.6 Técnicas instrumentales	40
3.7.6.1 Perfil de ácidos grasos (Quispe-Sánchez, Caetano, et al., 2023)	40
3.7.6.2 Determinación de humedad, grasa y contenido total de cenizas	41
3.7.6.3 Determinación de humedad (Abe-Inge et al., 2024)	41
3.7.6.4 Determinación directa de la actividad del agua.....	42
3.7.6.5 Determinación de humedad en equilibrio	42
3.7.6.6 Determinación de ácidos grasos libres (Abe-Inge et al., 2024).....	43
3.7.6.7 Determinación de fenoles totales (Abe-Inge et al., 2024).....	44
3.7.6.8 Contenido de flavonoides (Todorovic et al., 2015).....	45
3.7.6.9 Actividad antioxidante (Martini et al., 2018)	46

3.7.6.10 Determinación del valor de peróxido (Abe-Inge et al., 2024).....	47
3.7.6.11 Evaluación sensorial del chocolate.....	48
3.7.7 Análisis.....	51
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES	52
4.1 PERFIL DEL ACIDO GRASO DEL CACAO VRAE-99.....	52
4.2 PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS	54
4.2.1 Propiedades fisicoquímicas de los chocolates con distintos porcentajes de cacao	55
4.2.2 Isoterma de humedad de equilibrio	56
4.2.3 Contenido de polifenoles totales y flavonoides	58
4.2.4 Actividad antioxidante	60
4.3 CAMBIOS SENSORIALES DURANTE ALMACENAMIENTO.....	61
V. CONCLUSIONES.....	65
VI. RECOMENDACIONES	66
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67
ANEXO	95

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 La transformación del triptófano durante la fermentación los granos de cacao.	11
Figura 2 Reacción del tipo Strecker en la formación de aldehídos durante el tostado de granos de cacao.	12
Figura 3 Deshidratación de azúcares durante el torreado.	15
Figura 4 Estructura de los flavanoles presentes en el cacao y chocolate.	18
Figura 5 Principales reacciones de oxidación de lípidos.	25
Figura 6 Termograma ideal de la oxidación no isoterma del aceite.	26
Figura 7 Factores que afectan la microestructura del chocolate.	30
Figura 8 Flujo de proceso de chocolate.	37
Figura 9 Formulación de chocolates de diferentes porcentajes.	38
Figura 10 Diagrama de flujo de chocolates de diferentes porcentajes de cacao.	40
Figura 11 Evaluación sensorial de las muestras de chocolate de diferentes porcentajes de cacao.	49
Figura 12 Formulario de evaluación sensorial para el análisis de resultados sensoriales	50
Figura 13 Rueda de sabor usado para la evaluación sensorial de chocolate.	51
Figura 14 Isotermas de adsorción de chocolate con 60, 70 y 80 % de cacao a temperatura ambiental promedio 21°C.	57
Figura 15 Parámetros del modelo matemático de GAB para los chocolates con 60, 70 y 80% de cacao.	58
Figura 16 Perfil sensorial de los atributos de chocolates con 60% de cacao durante el almacenamiento.	62

Figura 17 Perfil sensorial de los atributos de chocolates con 70% de cacao durante el almacenamiento. 63

Figura 18 Perfil sensorial de los atributos de chocolates con 80% de cacao durante el almacenamiento. 64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Composición del grano de cacao y del chocolate (referido a 100 g).....	10
Tabla 2 Actividades de agua de soluciones saturadas de sales a diferentes temperaturas.	43
Tabla 3 Perfil de ácidos grasos en cacao VRAE-99 en g de ácidos grasos/100 g de lípidos.	53
Tabla 4 Contenido de aw, humedad, acidez e índice de peróxido de chocolates con diferentes porcentajes de cacao.	55
Tabla 5 Contenido de fenoles y flavonoides en chocolate con diferentes porcentajes de cacao.....	59
Tabla 6 Actividad antioxidante métodos DPPH ABTS y FRAP para chocolates con diferentes porcentajes de cacao.	61

I. INTRODUCCIÓN

Las semillas de cacao son la materia prima principal para la producción de chocolate y se someten a múltiples etapas de procesamiento para alcanzar la calidad comercial deseada (Becerra et al., 2025).

La composición química de los granos de cacao, así como sus características morfológicas y físicas, varían en función de diversos factores, como el ecotipo, la variedad y el origen geográfico. El perfil lipídico también puede verse influenciado por estas variables (Quispe-Sanchez et al., 2023). El cultivar cacao VRAE-99 es muy apreciado en la actualidad por los consumidores del chocolate, por sus cualidades sensoriales, estos cultivares nativos (VRAE-99, VRAE-15 y variedades locales también llamados Criollos) son los más empleados, pero con un limitado conocimiento de sus bondades según estudios de (Palomino, 2022).

El chocolate, derivado principalmente del cacao, es uno de los dulces más populares a nivel mundial. Es consumido por personas de todas las edades debido a sus características organolépticas —como su sabor, aroma y textura—, así como a su valor nutricional y los diversos beneficios que aporta al consumidor (Ibrahim et al., 2020). En la última década, la demanda de chocolate de alta calidad por parte de los consumidores ha aumentado significativamente. En respuesta, la industria chocolatera ha implementado diversas técnicas de mejora continua en sus procesos y fórmulas, con el fin de satisfacer las necesidades y expectativas de sus clientes (Aprotosoai et al., 2016a). No obstante, el procesamiento de estos chocolates es complejo debido a la interacción entre sus ingredientes principales — cacao, manteca de cacao y azúcar — que da lugar a la

formación de una emulsión compleja. Además, este proceso involucra varias etapas de producción, tales como mezclado, refinado, conchado, templado, moldeado y envasado (Ibrahim et al., 2020; Lim et al., 2021a).

El chocolate tiene un contenido de polifenoles y grasas de alta calidad, por lo que se considera un "superalimento" (Glicerina et al., 2016a; Medina-Mendoza et al., 2021a). Las grasas presentes en el chocolate son especialmente susceptibles a la oxidación durante su procesamiento y almacenamiento (Dolatowska-żebrowska, n.d.). Estos compuestos se reconocen por sus propiedades beneficiosas para la salud humana, particularmente en la prevención de enfermedades cardiovasculares (Davinelli et al., 2018). Además, las grasas no solo influyen en la calidad nutricional del chocolate, sino también en su calidad industrial (Chire-Fajardo et al., 2020). Por lo tanto, evitar su deterioro mediante el uso de tecnologías adecuadas en el procesamiento es fundamental para garantizar la calidad final del producto

Hoy en día, los consumidores prestan cada vez más atención a las características de sus componentes de un alimento, su estabilidad, como es el caso de estabilidad oxidativa de los lípidos en los alimentos debido a su relación con la salud humana (Choi et al., 2017; Shahidi & Peng, 2018; Wang et al., 2017).

Respecto a la situación actual del uso de variedades de cacao por parte de los agricultores en el valle, se observa que los cultivares nativos (como VRAE-99, VRAE-15 y otras variedades locales, también conocidas como criollas) son los más utilizados. Sin embargo, el conocimiento sobre las características y componentes de estas variedades es limitado. Existen pocos estudios sobre la caracterización del perfil de ácidos grasos del

clon VRAE-99. Por ello, es de suma importancia determinar dicho perfil, ya que la proporción de ácidos grasos saturados (palmítico, margárico, esteárico, araquídico) e insaturados (palmitoleico, oleico, linoleico, α -linolénico) en la manteca (Padar et al., 2008), así como su presencia y combinación en los triglicéridos, influyen directamente en las propiedades del chocolate (Chaiseri & Dimick, 1989; Servent et al., 2018).

Para la corroboración, se elaboraron chocolates con diferentes porcentajes de cacao (60 %, 70 % y 80 %). A estos chocolates se les determinaron sus propiedades físico-químicas (actividad de agua, humedad, ácido graso libre e índice de peróxidos), así como su contenido de fenoles totales y flavonoides, y su actividad antioxidante. Además, se evaluará su estabilidad sensorial.

Formulación del problema

Problema general

¿Cuál es el perfil del ácido graso del cacao (*Theobroma cacao L.*) VRAE-99 y que características físico-químicas posee el chocolate elaborado con diferentes porcentajes de cacao?

Problemas específicos

1. ¿Qué perfil de ácido graso posee el cacao VRAE-99?
2. ¿Cuáles son las propiedades físico-químicas (actividad de agua, humedad, ácido graso libre e índice de peróxido) los chocolates elaborados con diferentes porcentajes de cacao VRAE-99?
3. ¿Qué contenido de polifenoles totales, flavonoides y actividad antioxidante tienen los chocolates elaborados con diferentes porcentajes de cacao VRAE-99?

4. ¿Qué estabilidad sensorial poseen los chocolates con diferentes porcentajes de cacao VRAE-99 durante el almacenamiento?

Objetivos

Objetivo general

Determinar el perfil del ácido graso del cacao (*Theobroma cacao L.*) VRAE-99 y características físico-químicas del chocolate con diferentes porcentajes de cacao.

Objetivos específicos

- 1) Determinar el perfil del ácido graso del cacao (*Theobroma cacao L.*) VRAE-99.
- 2) Determinar las propiedades fisicoquímicas de los chocolates (actividad de agua, humedad, ácido graso libre e índice de peróxido) elaborados con cacao VRAE-99.
- 3) Cuantificar el contenido de polifenoles totales, flavonoides y actividad antioxidante en chocolate con diferentes porcentajes de cacao VRAE-99.
- 4) Evaluar la estabilidad sensorial de chocolates formulados con distintos porcentajes de cacao VRAE-99.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES

Rodríguez-Delzo et al., (2023), estudiaron la “Identificación de variables que mejoren la cadena productiva de cacao (*Theobroma cacao* L.) y su importancia para el desarrollo del VRAEM – Perú”, donde el objetivo fue identificar variables estratégicas (VE) y recolectar datos de campo con propósito de promover y conocer la situación del cultivo. Para lo primero, se empleó la metodología del análisis estructural MICMAC (Matriz de Impacto Cruzado y Multiplicación Aplicada a una Clasificación) y en segundo aspecto se realizaron encuestas a 223 agricultores. Como resultado se identificó que las variables agricultura orgánica, caracterización de genotipos locales e implementación de jardines clonales catalizarían el sistema de producción. La situación actual de uso de variedades de cacao por parte del agricultor en el valle, resulta que los cultivares nativos (VRAE-99, VRAE-15 y variedades locales también llamados Criollos) son los más empleados, pero con un limitado conocimiento de sus bondades, manejo y conducción.

Thomas et al. (2023), realizaron el “Catálogo de cacaos de Perú”, como principal objetivo de este catálogo fue dar a conocer la gran diversidad de cacaos que existen en el Perú para promover tanto su uso como su conservación. El primer capítulo muestra que la mayoría de los diferentes cultivares tradicionales y grupos genéticos silvestres tienen una coherencia geográfica que permitirá la implementación de un sistema de denominación de origen para el cacao nativo peruano. Para poner en práctica dicho sistema es crítico tener identificado y tener acceso a materiales puros de cada grupo genético, para así poder apoyar a los agricultores, cooperativas y asociaciones,

compradores, inversionistas o autoridades públicas, entre otros, en sus esfuerzos de producir y marquetear cacaos de calidad de origen nativo puro. Felizmente en el país existen muchas iniciativas multisectoriales que promueven los cacaos nativos de las sus respectivas regiones. El catálogo en su formato actual muestra algunas de las colecciones mantenidas por cooperativas, agricultores guardianes de diversidad, ONGs, entidades públicas y el sector privado, y es nuestra expectativa que el catálogo seguirá creciendo en número de genotipos y colecciones. Cada colección es presentada como un capítulo con una descripción corta de cómo se estableció, quienes eran los protagonistas más importantes detrás de su establecimiento, y como se puede entrar en contacto para tener acceso al material genético o granos de cacao de genotipos de interés. En este sentido el catálogo pretende servir de vitrina para que cada colección presente sus materiales más recomendados o prometedores en cuanto a características productivas, resistencia a plagas y enfermedades, compatibilidad sexual, afinidad genética y calidad sensorial de la pulpa y el licor de cada genotipo. Dado que las características agronómicas y sensoriales de la pulpa que acompañan cada genotipo fueron proporcionados por los encargados de cada colección, las fichas reflejan la información que hemos podido recopilar hasta el momento, y la expectativa es que la calidad de dicha información seguirá mejorado a futuro. De otro lado, la disponibilidad de datos de caracterización genética y sensorial de licor dependen de si hemos podido coleccionar hojas para extracción de ADN y si los encargados de la colección han podido preparar muestras de granos adecuadamente fermentados y secados para preparación de licor y realizar la catación.

Delgadillo Quispe (2023), realizó el estudio “Influencia de pre secado, frecuencia de remoción y fermentación en la calidad de granos de cacao (*Theobroma cacao* L.) Llochegua, Huanta 2021”. objetivos de determinar el tiempo de fermentación después del

pre secado y frecuencia de remoción de granos de cacao y la descripción de cambios en las características físicas y químicas de granos de cacao al final de pre secado, fermentación y secado de granos de CCN-51 y VRAE-99, empleándose el Diseño Completo Randomizado (DCR) con arreglo factorial de 2 variedades, 3 tiempos de pre secado y 2 frecuencias de remoción del grano durante la fermentación, constituyendo 12 tratamientos con 3 repeticiones. En los resultados, el tiempo de fermentación después pre secado (2, 4 y 6 horas) y frecuencias de remoción (24-48-24-24 y 48-24-24-24) de granos de cacao CCN-51 y VRAE-99 ocurre entre 5 a 6 días, con temperatura entre 42.92 °C y 43.15 °C. Los cambios en características físicas, la pérdida de peso de granos después de escurrido es de 90 kg; la pérdida de peso después de pre secado de 72.5 a 79.8 kg; la pérdida de peso después de la fermentación de 72.17 a 74.69 kg; la pérdida de peso después de secado en VRAE-99 con 35.61 kg y CCN-51 con 33.68 kg. Los cambios de color externo e interno de granos son cualitativos y cuantitativos durante la fermentación, presentando en el secado final el color rojo oscuro y color marrón chocolate oscuro, respectivamente. Los cambios de forma de granos al secado final en CCN-51 y VRAE-99 presentan forma ovoidal hinchados, y ovoidal y elipsoidal hinchados, respectivamente. Las pérdidas post cosecha a partir del peso inicial de 1000 gramos varía de 152.55 (15.24%) y 174.06 (17.4%) gramos. Los cambios en características químicas, el pH de masa de granos en fermentación en el primer volteo después de pre secado y frecuencias varía de 4.0 a 4.20, en el momento de retiro para el secado final varía de 4.52 a 4.81; en contenido de azúcares, antes del primer volteo CCN51 con 17.25 % y VRAE-99 con 13.06 % y en el momento de retiro para secado final con 4.79 % a 4.89 %. En desarrollo de aroma y sabor de CCN-51 y VRAE-99 con aroma agradable fuerte a chocolate y sabor ligeramente amargo; en contenido de grasa de granos secos de 42.59 % a 53.04%; en contenido de acidez, CCN-51 con 0.32% a 0.48% y VRAE-99 con 0.33% a 0.36%.

Palomino (2022), realizó el “Análisis de la calidad física y organoléptica de 3 clones de cacao finos aromáticos (*Theobroma cacao* L.) en Mazamari – Satipo”. La finalidad del estudio fue evaluar la calidad física y organoléptica de tres clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) fino de aroma cultivados en Mazamari y recolectados en cuatro zonas: Comunidad Nativa de Teoría, Tsiriari, Pauriali y Dos de Mayo. Además de un cacao criollo que sirvió de control, el material genético investigado correspondió a los clones CMP 15, UF 667 y VRAE-99. El ensayo fue instalado bajo el diseño completamente aleatorio, donde el material genético sirvió como tratamientos (4) y las localidades investigadas como repeticiones (4). Se colectaron las semillas de cada clon, para luego fermentarlas y secarlas por separado, según los tratamientos. Para la calidad física se obtuvo como resultados de 6.5 a 7% de porcentaje de humedad, el clon UF 667 reportó un peso de 100 granos de 228 g, siendo el clon que logró el mayor valor para esta característica. Con respecto al color se evidenció una coloración de marrón claro a marrón oscuro. El clon VRAE 99, es el que logró las mejores características con respecto al olor, catalogándose como frutal cítrico principalmente, siendo el clon que alcanzó valores de 97%, 98%, 100% y 96%, en las cuatro zonas en estudio. Para la calidad sensorial se evaluó el aroma, la acidez, el amargor, la astringencia, los defectos, el sabor y el posgusto, con resultados favorables para el cacao Criollo, que recibió una media de 77 puntos, seguido del VRAE-99 con 49 puntos, el CMP con 44 puntos y, por último, el UF 667 con 42,5 puntos. Además, se concluyó que el clon VRAE 99, reportó las mejores características físicas y el cacao Criollo tuvo las mejores características organolépticas.

Prado Maciso (2019) ha evaluado las características agronómicas y morfológicas de cacao VRAE-15, VRAE-99, VRAE-81, VRAE-52 y caracterizado estos además de VRAE-49, VRAE-12, VRAE-92, VRAE-6, VRAE-44.

2.2 CACAO

La familia Malvaceae incluye el árbol frutal perenne *Theobroma cacao* L. (Meza-Sepúlveda et al., 2025). Con el desarrollo del genotipado molecular, la clasificación del cacao, un cultivo con una gran diversidad, ha cambiado. Tradicionalmente se identificaban tres grupos primarios: «Criollo», “Forastero” y «Trinitario». Este último resultó del cruce entre el Criollo, que se producía principalmente en Mesoamérica, y el Forastero, que se cultivaba ampliamente en Brasil, y del declive de la producción de cacao en Trinidad a principios del siglo XVIII (Díaz-Valderrama et al., 2020). Según (Motamayor et al., 2008; Zhang et al., 2012).el cacao se ha reclasificado en once grupos genéticos en los últimos años: Marañón, Curaray, Iquitos, Nanay, Contamana, Amelonado, Criollo, Purús, Guayana, Nacional Ecuatoriano y Nacional Boliviano.

Los granos aportan el perfil de sabor fundamental del chocolate, que incluye amargor, dulzor, acidez y astringencia, además de notables notas afrutadas, de frutos secos, florales y picantes, creando un sabor rico y complejo (Zapata-Alvarez et al., 2024)

El cacao es el ingrediente principal del chocolate, uno de los productos más apreciados y consumidos a nivel mundial en los mercados desarrollados, y su creciente penetración en nuevos mercados, principalmente en Asia y Latinoamérica (Guzmán Penella et al., 2023). El cacao de sabor de calidad superior se distingue por sus aromas especiales, atributos sensoriales complementarios como frutas frescas, frutos tostados, notas florales, vegetales, amaderadas, de nueces, especiadas y a caramelo, así como bases de chocolate ricas y equilibradas (Cacao of Excellence 2023). La calidad del cacao se ve influenciada por diferentes factores, como las condiciones climáticas de producción y la

diversidad genética (Kongor et al., 2016, del López-Hernández et al., 2022), así como las prácticas de poscosecha y procesamiento (Herrera-Rocha et al., 2024),

2.2.1 Componentes fisicoquímicos

Tabla 1

Composición del grano de cacao y del chocolate (referido a 100 g)

	Grano de cacao	Chocolate oscuro
Energía (kcal)	--	449,00 – 534,00
Proteína cruda	14,64 ±0,27	4,20 – 7,80
Azúcares	--	50,10 – 60,00
Carbohidratos totales	38,52 ±0,34	--
Fibra cruda (g)	5,79 ±0,04	5,90 – 9,00
Grasa cruda (g)	43,59 ±0,12	29,00 – 30,60

Nota: (A) Reportado en base seca por Chire (2019), (B) Rafecas y Codony (2000), citado por Gil (2010)

Proteínas en fermentación

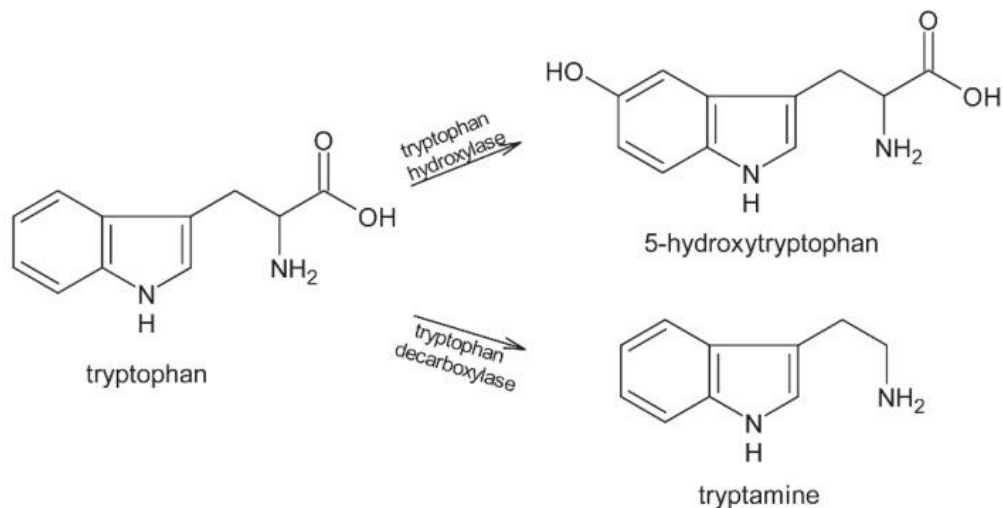
Las proteínas representan entre el 10 y el 15 % del peso seco de los granos de cacao sin fermentar. Las más relevantes son la albúmina, la prolamina, la globulina tipo vicilina y la gluteína (Bertazzo et al., 2011; Caligiani et al., 2016). La fermentación es un proceso importante para suministrar precursores para reacciones posteriores. El bajo pH que se desarrolla durante la fermentación activa las enzimas endógenas carboxipeptidasa y endoproteasa aspártica. La carboxipeptidasa y la endoproteasa aspártica son más activas a pH de 3,8 a 5,8 (Bytof et al., 1995; Caligiani et al., 2016; Granvogl et al., 2006). Estas enzimas hidrolizan las proteínas, lo que provoca un aumento de aminoácidos y oligopéptidos durante la fermentación.

La cantidad de aminoácidos hidrófobos libres aumenta mientras que la cantidad de aminoácidos ácidos disminuye durante el proceso de fermentación. Los aminoácidos hidrófobos liberados, concretamente la leucina, la alanina y la fenilalanina, producen aldehídos de Strecker y pirazinas (Caligiani et al., 2016; Rottiers et al., 2019).

Los oligopéptidos hidrófobos elaborados a partir de los aminoácidos hidrófobos mencionados anteriormente están sujetos a la acción de la serina carboxi-(exo)peptidasa. Una de las principales fuentes del aroma característico del chocolate es la actividad enzimática que transforma estos oligopéptidos en oligopéptidos más hidrófilos y aminoácidos hidrófobos libres (Kongor et al., 2016a). Aunque estos elementos ya están presentes en los granos sin fermentar, la cantidad de aminas bioactivas aumenta durante la fermentación debido a la acción de las descarboxilasas (Caligiani et al., 2016; Granvogl et al., 2006).

Figura 1

La transformación del triptófano durante la fermentación los granos de cacao.

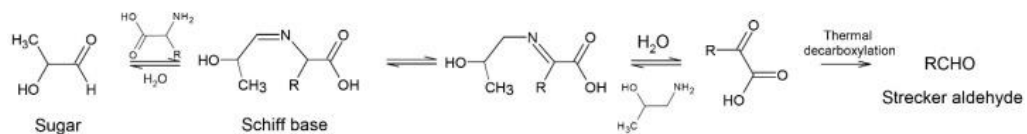


Proteínas en tostado

Los precursores creados por la descomposición de las proteínas durante la fermentación sufren una serie de reacciones químicas cuando el tostado se realiza a altas temperaturas. La reacción de Maillard, que tiene lugar entre el grupo amino de las proteínas o aminoácidos y el grupo carbonilo de los azúcares reductores, es la más significativa de ellas. Según Adeyeye et al. (2010), estos procesos confieren al cacao su sabor y aroma característicos. El producto de la reacción de condensación se transforma por reordenamiento de Amadori en 1-desoxi-2-cetosilo (Adeyeye et al., 2010; Gutiérrez, 2017a). En el tostado se genera más aminas y aldehídos que durante la fermentación. En el tostado de los granos de cacao los aminoácidos reaccionan al del tipo Strecker en la formación de aldehídos (Figura 2) (Belitz, 2013; Granvogl et al., 2006). Además, (Oracz & Nebesny, 2019a) señalan que, durante el tostado del grano de cacao a altas temperaturas (135–150 °C), se intensifican las reacciones de Maillard, lo que favorece la formación de melanoidinas, compuestos de alto peso molecular responsables del característico color marrón y la textura de los granos de cacao.

Figura 2

Reacción del tipo Strecker en la formación de aldehídos durante el tostado de granos de cacao.



Carbohidratos

Los granos de cacao sin fermentar contienen entre un 2 y un 4 % de carbohidratos de bajo peso molecular y sus derivados, principalmente sacarosa (90 % de los azúcares totales),

glucosa, fructosa, galactosa, sorbosa, arabinosa, xilosa, manitol e inositol (Barišić et al., 2019). Los granos de cacao contienen aproximadamente un 12 % de polisacáridos, entre los que se incluyen almidón (4–6 %), pectinas y celulosa (2–3 %). Redgwell & Hansen, (2000) manifiestan que los polisacáridos de la pared celular que incluyen celulosa (28 %), polisacáridos pépticos (galactosa en 9 %) y arabinosa (52 %), polisacáridos hemicelulósicos (xiloglucano (8 %) y galactoglucomanano (3 %) predominante de la cadena lateral del polisacárido de pared celular predominante.

Durante la fermentación los azúcares de la pulpa se convierten en ácidos, estos ácidos se mueven hacia los granos y reducen su pH, lo que conduce a la descomposición de las células de almacenamiento. En el cotiledón se encuentran dos tipos principales de células de almacenamiento: las células polifenólicas, que contienen una gran vacuola repleta de polifenoles y alcaloides; y las células lipídico-proteicas, que presentan pequeñas vacuolas con lípidos y proteínas compactamente empaquetadas en el citoplasma (Barišić et al., 2019).

La sacarosa es hidrolizada a fructosa y glucosa (azúcares reductores) debido a la actividad de la enzima invertasa (Caligiani et al., 2016). Megías-Pérez et al. (2019) identificaron la presencia de seilo-inositol en concentraciones que varían entre trazas y 504.9 µg/g en granos de cacao sin fermentar, y entre 15.5 y 491.9 µg/g en granos fermentados. Asimismo, detectaron 1-cestosa en un rango de 36.1 a 133.5 µg/g en granos sin fermentar y desde trazas hasta 115.5 µg/g en granos fermentados. En cuanto a la 6-cestosa, no se reportaron valores cuantificables.

Durante el secado de granos de cacao los azúcares reductores generados durante la fermentación reaccionan con los aminoácidos libres, generándose las reacciones de Maillard (Kongor et al., 2016b).

Torreado

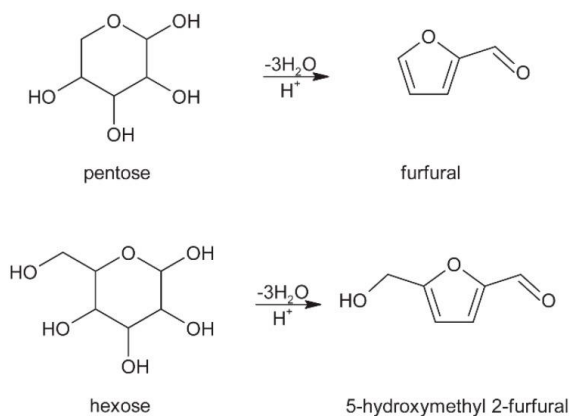
Durante el torreado de los granos de cacao se genera la caramelización de los azúcares presentes. La caramelización ocurre cuando los carbohidratos, especialmente la sacarosa y otros azúcares reductores, se someten a altas temperaturas. Este proceso térmico provoca la deshidratación de los azúcares y su posterior degradación molecular, lo que da lugar a la formación de compuestos aromáticos característicos. Además, durante el torreado, puede ocurrir la deshidratación de los azúcares, lo que conduce a la formación del furfural y sus derivados (Figura 3) (Belitz, 2013; Gutiérrez, 2017a).

Lípidos

Los granos de cacao contienen entre un 50 y un 58 % de grasas, de las cuales entre el 97 y el 98 % corresponden a triacilglicerol. Estos triglicéridos están compuestos principalmente por ácido palmítico (24.1–27.1 %), ácido esteárico (32.9–37.6 %) y ácido oleico (32.7–37.6 %), mientras que el ácido linoleico se encuentra en proporciones menores (2.3–3.7 %). La composición de los ácidos grasos varía según el origen, la variedad del grano, la temporada de crecimiento y el método de cultivo (Caligiani et al., 2016; Sirbu et al., 2018). Existen diferencias en la manteca de cacao según el origen y el tipo de grano utilizado. La manteca de cacao más blanda presenta un mayor contenido de triacilglicéridos como el 1-palmitoil-2,3-dioleoil-glicerol y el 1-estearoil-2,3-dioleoil-glicerol, mientras que la manteca de cacao más dura contiene una mayor proporción de ácidos grasos saturados (Sirbu et al., 2018).

Figura 3

Deshidratación de azúcares durante el torreado.



Perfil de ácidos grasos presentes en el grano cacao

Diversas variables, como el ecotipo, la variedad de cacao y el lugar de origen, afectan a los rasgos morfológicos y físicos del cacao en grano, así como a su composición química. Estos componentes también afectan al perfil lipídico. Por sus cualidades especiales, la manteca de cacao es especialmente apreciada en este contexto. En todas las muestras examinadas se encontraron y midieron ocho ácidos grasos: cuatro insaturados (palmitoil; C16:1), oleico (C18:1), linoleico (C18:2) y α -linolénico (C18:3), y cuatro saturados (palmítico; C16:0; margárico; C17:0; esteárico; y araquídico; C20:0) (Quispe-Sanchez et al., 2023).

2.2.2 Compuestos bioactivos

Los componentes bioactivos son los metabolitos secundarios que protegen al árbol de cacao de la luz ultravioleta, los parásitos y los patógenos (Lechtenberg et al., 2012; Salvador et al., 2019). Las cualidades organolépticas del cacao y de los productos elaborados a partir de él, como el chocolate negro, se deben a estas sustancias bioactivas (Aprotosoai et al., 2016b; Brglez Mojzer et al., 2016). En el chocolate negro abundan

los compuestos fenólicos totales, la epicatequina, la cafeína, la catequina, los flavonoides y otras sustancias químicas. Estos compuestos aumentan la intensidad del amargor, el sabor agrio, el sabor a cacao y la astringencia, y en ocasiones pueden tener un impacto negativo en la aceptabilidad del chocolate (das Virgens et al., 2021).

2.2.2.1 Polifenol

El polifenol es uno de los principales componentes del cacao en grano. La planta contiene diversos polifenoles, como antocianinas, flavonoles, flavan-3-oles, ácidos fenólicos y estilbenos. Los cultivares de las habas de cacao influyen en la cantidad total de polifenoles del chocolate. Cada grano de cacao tiene una cantidad variada de polifenoles. proporciona a la planta defensas contra varias enfermedades y herbívoros (Manach et al., 2004). En su estado natural, las habas de cacao no son comestibles debido a su alto contenido en polifenoles. producidos por él, así como metabolitos secundarios. (MARIE, 2021). El grano de cacao fresco contiene entre un 5 y un 6% de polifenoles (Urbańska & Kowalska, 2019). Los polifenoles presentes en el cacao ofrecen varios beneficios para la salud, ya que contribuyen a la prevención del cáncer, las enfermedades cardíacas, los trastornos metabólicos y las afecciones inflamatorias. Estas sustancias ayudan a reducir la oxidación del colesterol LDL y frenan la peroxidación lipídica. También mejoran la función plaquetaria, reducen la inflamación, controlan la tensión arterial y regulan la reacción del organismo ante la glucosa. Al reducir el número de neutrófilos y la actividad de los factores de transcripción, reducen la inflamación intestinal al disminuir la síntesis de citoquinas proinflamatorias. Además, los polifenoles del cacao promueven los mecanismos de defensa celular, inhiben la proliferación celular

y previenen las mutaciones, todo lo cual tiene efectos protectores contra el cáncer (Andújar et al., 2012; Jalil & Ismail, 2008a).

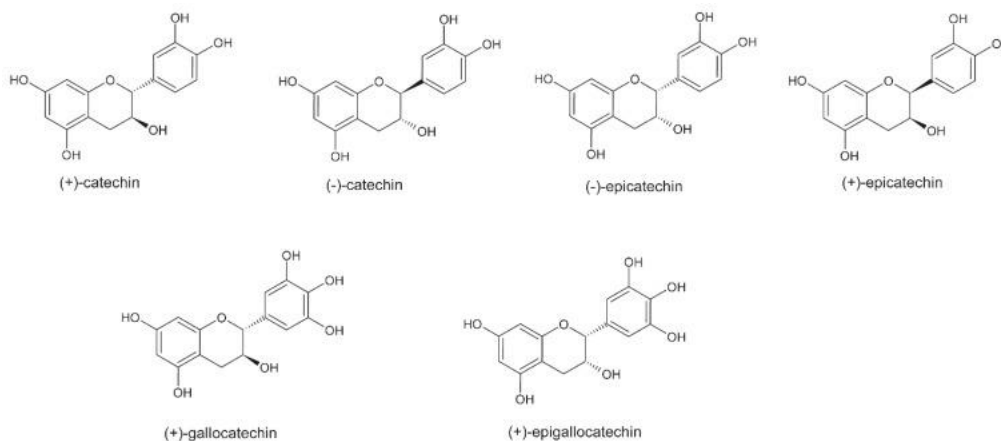
Una de las clases de sustancias más extendidas y dispersas en el mundo vegetal son los polifenoles, también conocidos como compuestos fenólicos, que se encuentran en frutas, verduras, frutos secos, semillas y flores. Basándose en su estructura fundamental, pueden dividirse en al menos once clases, siendo los flavonoides una de las más significativas. Los taninos condensados, también conocidos como proantocianidinas, son polímeros de alto peso molecular cuyos progenitores son leucoantocianidinas o flavan-3,4-dioles unidos a unidades monoméricas de flavan-3-oles (catequinas y epicatequinas). Las proantocianidinas se denominan procianidinas cuando las moléculas condensadoras son epicatequinas o catequinas (Efraim, P., Tucci, M. L., Pezoa-Garcia, N. H., Haddad, R., & Eberlin, 2006).

Los granos de cacao sin fermentar contienen en promedio entre un 12 a 18 % de polifenoles de masa seca de los granos (Jalil & Ismail, 2008b). Los polifenoles presentes en el cacao están compuestos aproximadamente por un 37 % de flavan-3-oles, un 4 % de antocianinas y un 58 % de proantocianidinas. Estos compuestos se almacenan en las células polifenólicas de los granos del cacao sin fermentar, y estos componentes le confieren un color entre blanco y morado oscuro. Las catequinas constituyen aproximadamente entre un 29 y un 38 % de los polifenoles totales. La (-)-epicatequina, la (+)-catequina, la (+)-galocatequina y la (-)-epigalocatequina son algunos compuestos presentes en el cacao y chocolate. Son los principales representantes de este grupo de sustancias (Figura 4). La (-)-epicatequina constituye hasta un 35 % de los polifenoles

totales, y estos son esenciales para el desarrollo del sabor y el color del grano de cacao (Afoakwa et al., 2008).

Figura 4

Estructura de los flavanoles presentes en el cacao y chocolate.



2.2.2.2 Flavonoides

El cacao contiene entre un 12 % y un 18 % de flavonoides en base seca, superando en concentración a otros alimentos ricos en estos compuestos, como la manzana, la cebolla y el vino. Los flavonoides están formados por una estructura básica de 15 átomos de carbono, distribuida en dos anillos aromáticos (anillos A y B) unidos por una cadena de tres carbonos que forma un tercer anillo (anillo C). Según su estructura química, los flavonoides se clasifican en diversas subcategorías, entre las que se encuentran los flavonoles, flavonas, flavanonas, flavan-3-oles y antocianinas, entre otros (Tsao, 2010). El amargor del chocolate se debe principalmente a su alto contenido de flavonoles, lo que influye directamente en su palatabilidad y en las propiedades organolépticas características del chocolate negro (Hurst et al., 2008). El flavonol favorece la

cicatrización de la piel, proporciona fotoprotección y mejora el flujo sanguíneo a nivel dérmico (Heinrich et al., 2006; Neukam et al., 2007). Los flavonoides han demostrado ser eficaces en la prevención y el tratamiento de ciertos tipos de cáncer y enfermedades cardiovasculares. En particular, los flavonoides presentes en el cacao destacan por su potente efecto sobre el funcionamiento cerebral. Su acción neurobiológica contribuye a proteger las neuronas vulnerables y estimula las capacidades cognitivas.

2.2.2.3 Antocianina

Las antocianinas representan alrededor del 4% del total de polifenoles del cacao en grano crudo. Según Akkarachiyasit et al. (2010), estos compuestos son glucósidos que proceden de sales de flavilio (2-fenilbenzopirilio) y agliconas de antocianina. La cianidina-3-O-galactósido y la cianidina-3-O-arabinósido, ambas derivadas de la cianidina, son dos de las principales antocianinas presentes en el cacao (Blanco-Montenegro et al., 2007). La tasa de absorción intestinal de las antocianinas es baja en comparación con otros (Czank et al., 2013). Sin embargo, las antocianinas O-glicosiladas son las que se absorben más fácilmente de sus diversas formas, lo que permite su distribución en la circulación sistémica (Xie et al., 2016). Transportadores epiteliales como el transportador de glucosa dependiente de sodio tipo 1 (SGLT1) median la absorción de estas (Ader et al., 2001). Las antocianinas ayudan a reducir el estrés oxidativo y son importantes en la prevención de enfermedades cardiovasculares.

La cianidina-3- α -l-arabinósido y la cianidina-3- β -d-galactósido componen las antocianinas del cacao (Aprotosoai et al., 2016c). La subunidad primaria de las procianidinas, la epicatequina, está conectada por enlaces 4-8 o 4-6 para formar dímeros,

trímeros y oligómeros de flavan-3,4-dioles (Afoakwa et al., 2008; Aprotosoai et al., 2016c). Tanto las versiones de tipo A como las de tipo B de estas procianidinas están presentes (Wilson & Hurst, 2015; Żyżelewicz et al., 2016a). Cada una de estas sustancias contribuye al amargor y la astringencia del cacao sin fermentar (Arunkumar et al., 2019).

En el cacao, los polifenoles son componentes que generan el sabor, principal responsable del amargor y la astringencia en el chocolate. Ambas cualidades se deben principalmente a sustancias químicas fenólicas, aunque el amargor se atribuye a la presencia de purinas. Según algunos autores, los productos de reacción de las sustancias fenólicas se encuentran entre los componentes más esenciales del sabor del cacao, y los productos de condensación de los compuestos fenólicos generados durante la fermentación y el secado son responsables del color marrón del cacao y el chocolate (Elwers et al., 2009).

Los compuestos fenólicos se almacenan en las células pigmentarias de los cotiledones, también llamadas células de almacenamiento de polifenoles, y la cantidad de antocianinas en estas células pigmentarias da a los granos colores que varían del blanco al burdeos. Cuando los granos de cacao pasan por los procesos de fermentación y secado, que son pasos críticos en el procesamiento del cacao, las membranas de las células pigmentarias se rompen y su contenido queda expuesto a otros componentes del grano. Como resultado, los polifenoles sufren una serie de reacciones, como la difusión de la epicatequina a través de la membrana celular de almacenamiento, quedando expuesta, y reacciones de oxidación y polimerización, formando taninos complejos (Rusconi & Conti, 2010).

El cacao y sus derivados, como el cacao en polvo y el chocolate, son fuentes importantes de polifenoles. Los granos de cacao tienen un alto contenido en compuestos fenólicos, alrededor del 12-18% (peso seco) y el 95% de estos son monómeros (epicatequina y catequina) y oligómeros de procianidina. Las propiedades antioxidantes de los polifenoles de las bayas de cacao y sus posibles beneficios para la salud, especialmente en relación con algunos tipos de cáncer, afecciones cardíacas y otras enfermedades, han despertado un gran interés (Genovese et al., 2009; Misnawi et al., 2004).

2.2.2.4 Actividad antioxidante

Los antioxidantes son compuestos que inhiben o ralentizan los procesos oxidativos del organismo. El estrés oxidativo es causado por un exceso de radicales libres, debido al estilo de vida y situaciones patológicas, y se ha relacionado con enfermedades cardiovasculares, cáncer y otras enfermedades crónicas (Genovese et al., 2009).

La acción antioxidante es una de las más significativas de sus muchas ventajas para la salud. Los polifenoles, una clase de flavonoides, abundan en el chocolate negro. La epicatequina, los monómeros de flavan-3-ol, la catequina y las procianidinas oligoméricas son algunos de los flavonoides que más se encuentran en el chocolate negro (Moutou et al., 2004). Los flavonoides son altamente efectivos para combatir el estrés oxidativo, ya que tienen la capacidad de eliminar los radicales libres del organismo gracias a su habilidad para quelar iones metálicos (Nicole Cotelle, 2001). Junto con sus monómeros epicatequina y catequina, presentes en el cacao, las procianidinas protegen el ADN y reducen la peroxidación lipídica en general y la oxidación de las lipoproteínas de

baja densidad (LDL). El cacao también aumenta la elasticidad de las arterias e inhibe la acumulación de placa, dos factores que ayudan a prevenir la aterosclerosis. El chocolate negro contiene muchos polifenoles y flavonoides, que tienen dos funciones: pueden prevenir y tratar las enfermedades cardíacas y algunos tipos de cáncer (Kruger et al., 2014).

Las propiedades antioxidantes de los compuestos fenólicos se dan principalmente por su potencial redox, que les permite actuar como agentes reductores, donando hidrógeno y neutralizando los radicales libres. Una sustancia polifenólica puede definirse como antioxidante sólo si cumple las dos condiciones: (a) es eficiente en una concentración mucho menor que la del sustrato oxidable; (b) que los radicales formados después de la reacción sean estables (Kaur & Kapoor, 2002).

El cacao tiene una composición química única, con más de 500 compuestos, entre los que merecen especial mención las metilxantinas. Clasificados como alcaloides purínicos, se consideran sustancias estimulantes, y los que se encuentran en el cacao son: la teobromina, en mayor concentración, seguida de la cafeína (Borchers et al., 2004).

2.3 CHOCOLATE

El chocolate es un alimento con propiedades microestructurales complejas (Konar et al., 2024). Dependiendo de la composición del chocolate, la fase sólida consta de azúcar (u otros agentes de carga), sólidos lácteos y sólidos de cacao. El componente principal de la fase grasa puede ser manteca de cacao y/o grasa láctea con sus alternativas. Las

partículas que forman la fase sólida constituyen más del 50 % del volumen total. Estas partículas se encuentran dispersas en la fase grasa (Bikos et al., 2022).

El chocolate tiene un contenido de polifenoles y grasas de alta calidad, por lo que se considera un “superalimento” (Glicerina et al., 2016b; Medina-Mendoza et al., 2021b). No obstante, las grasas del chocolate son especialmente propensas a la oxidación durante su procesamiento y almacenamiento (Dolatowska-Żebrowska, 2020).

2.3.1 Alteraciones físicas del chocolate durante almacenamiento

La oxidación lipídica y las reacciones de Maillard son los principales mecanismos que afectan a las características fisicoquímicas y organolépticas del chocolate durante su almacenamiento. Estos procesos alteran significativamente el aspecto, el color, el sabor, la textura y el olor del producto (Giannakourou et al., 2021a).

Las características sensoriales del chocolate, como su textura y color distintivos, su superficie brillante, su tacto firme con mínima resistencia al romperse y su agradable textura crujiente, son algunos de los elementos que determinan su calidad. También se evalúa si se funde en la boca sin dejar manchas blancas ni desprender sabores u olores extraños. Además, intervienen ciertos parámetros fisicoquímicos. La temperatura, la humedad relativa, la luz, los olores y el tipo de envase son algunos de los factores ambientales que más influyen en la evolución del chocolate (Phimolsiripol & Suppakul, 2016a; Plata et al., 2020a). A continuación, se enumeran algunas de las características intrínsecas del chocolate que influyen en su calidad y vida útil:

La cantidad de agua libre en un alimento o sustancia que está disponible para el crecimiento microbiano y las reacciones químicas o enzimáticas que pueden conducir al deterioro se conoce como actividad del agua (a_w). La a_w del chocolate es inferior a 0,6 (Ergun et al., 2010; Gutiérrez, 2017b; Podolak et al., 2010) Por lo tanto, se considera un alimento microbiológicamente estable debido a su baja actividad de agua, además de su alto contenido en azúcar y grasa (Olaimat et al., 2020; Podolak et al., 2010).

La humedad: La humedad es uno de los elementos clave que afectan a la vida útil y la calidad de los alimentos. Las variaciones en el contenido de agua pueden afectar a las propiedades físicas y las reacciones químicas del chocolate, reduciendo la aceptabilidad del producto (Ergun et al., 2010). Los bajos niveles de humedad repercuten en los procesos de pardeamiento enzimático (Wong et al., 2015). Además, las interacciones entre la grasa y la humedad provocan cambios volumétricos porque el agua puede absorber a través de la estructura porosa interna de las partículas de cacao, causando hinchazón y favoreciendo el desarrollo de poros, grietas o el fenómeno conocido como sugar bloom (Svanberg et al., 2012). Además, esto ablanda el chocolate, lo que provoca la pérdida de su característico sonido crepitante (Rossini et al., 2011a).

2.3.2 Alteraciones químicas del chocolate durante almacenamiento

La cantidad de ácidos grasos libres presentes, expresada como porcentaje de ácido oleico, se denomina acidez oleica o grado de acidez. Con una acidez oleica no superior al 1,75%, la pasta de cacao y la manteca de cacao son las principales fuentes de estos ácidos grasos en el chocolate (Fin & Máster, 2022). El enranciamiento de las grasas, facilitado por el almacenamiento prolongado a altas temperaturas, es la causa principal del aumento

de este valor. Los cambios en el sabor y el color del chocolate están relacionados con esta oxidación (Rossini et al., 2011a).

Dado que los peróxidos son el principal subproducto de la oxidación de las grasas, pueden utilizarse para identificar las primeras fases de deterioro del chocolate. La unidad de medida son los miliequivalentes por kilogramo (meq O₂/kg). Se puede utilizar la ecuación de Arrhenius para determinar la dependencia de este índice con la temperatura, que es indicativa del deterioro de la calidad del producto a lo largo del tiempo (Calligaris et al., 2016a). Aunque los peróxidos no tienen sabor, pueden descomponerse y producir sabores desagradables (Gutiérrez, 2017b).

Figura 5
Principales reacciones de oxidación de lípidos.

Radical formation



Initiation



Propagation



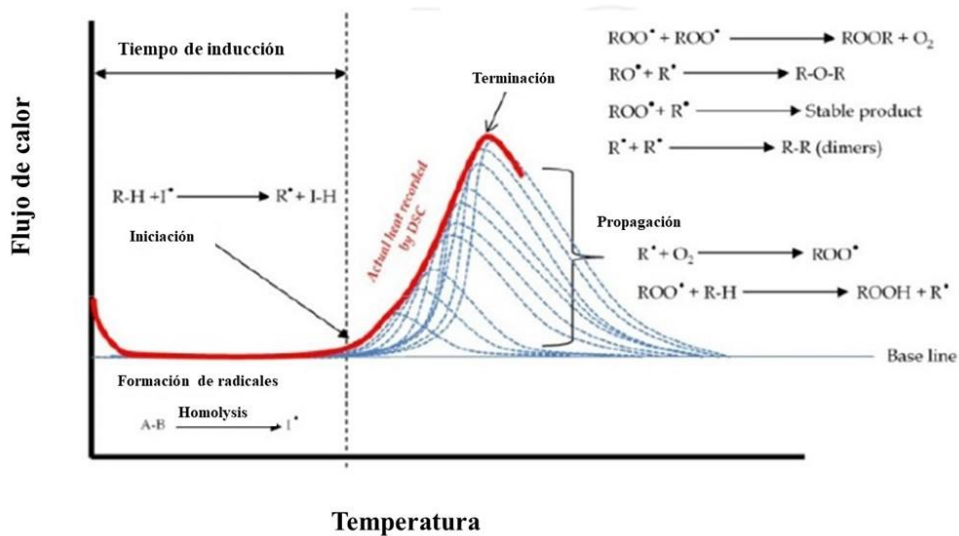
Termination



La oxidación de lípidos en el chocolate es un problema, ya que causa la degradación de la calidad del producto que altera las propiedades de textura y también afecta el color y el valor nutricional (Aslam & Schroën, 2023). En los alimentos, los ácidos grasos insaturados que forman parte principalmente de los triacilgliceroles (Abeyrathne et al., 2021) y los fosfolípidos finalmente se descomponen en compuestos volátiles que producen rancidez con olores desagradables. La susceptibilidad de los ácidos grasos a la oxidación de lípidos aumenta con el grado de insaturación debido a las energías de disociación de enlaces progresivamente más bajas de los carbonos interrumpidos por metileno (Kan & Chen, 2021).

Figura 6

Termograma ideal de la oxidación no isoterma del aceite.



La combinación de oxígeno como reactivo y calor como fuente de energía es un factor importante en la degradación termooxidativa de las matrices alimentarias. La mayoría de los procesos que ocurren en la fase condensada presentan un periodo de

inducción (PI) durante el cual aparentemente no se producen cambios físico-químicos (Simon, 2006).

2.3.3 Alteraciones sensoriales del chocolate durante almacenamiento

El color es uno de los aspectos de los alimentos que más afecta a la aprobación del consumidor. Las reacciones de Maillard entre proteínas e hidratos de carbono son la causa principal de las variaciones de color en el chocolate. Las altas temperaturas de almacenamiento potencian estos procesos, acelerando el cambio de color y la pérdida de brillo del producto (Pastor et al., 2007a). Además, como subproducto de estos procesos, se produce agua, que puede aumentar el contenido de humedad del chocolate y disminuir su suavidad. La floración del chocolate es el fenómeno que hace que el chocolate se transforme de su tono oscuro inicial a un tinte grisáceo. Una de las principales razones de la disminución de la calidad del producto es este cambio, que repercute tanto en la textura como en el color (Beckett, 2002; Ghosh et al., 2002; Nightingale et al., 2011b). No obstante, este fenómeno no supone ningún riesgo para la seguridad de los consumidores.

La degradación del chocolate está causada principalmente por cambios en el sabor y el olor. La creación de hidroperóxidos, que dan a los alimentos un sabor y olor desagradables y, por tanto, reducen su valor nutricional, seguridad y vida útil (Calligaris et al., 2008a), es el resultado de la oxidación de los ácidos grasos durante el almacenamiento (MASKAN et al., 1993a). La velocidad de oxidación de los lípidos durante el almacenamiento está muy influenciada por las características naturales del alimento, el tipo de envase y elementos ambientales como el oxígeno, la temperatura, la humedad y la luz (Barden & Decker, 2016a; Calligaris et al., 2016a; EVRANUZ, 1993a;

Gumus & Decker, 2021a). Más concretamente, los alimentos que contienen muchos ácidos grasos insaturados son más propensos a desarrollar ranciedad debido a la oxidación de los lípidos (Calligaris et al., 2016a; Hřivna et al., 2021a; Rossini et al., 2011a).

La textura y el color distintivos del chocolate, su exterior brillante, su tacto firme pero quebradizo y crujiente, y su capacidad para fundirse en la boca son algunos marcadores de su excelencia. La ausencia de manchas blancas, olores u olores extraños y el cumplimiento de unas características fisicoquímicas específicas también se consideran indicadores de alta calidad. La temperatura, la humedad relativa, la exposición a la luz, los olores y el tipo de envase son algunos de los elementos ambientales que más influyen en su degradación (Phimolsiripol & Suppakul, 2016b; Plata et al., 2020b).

Una de las características de los alimentos que más afecta a la aprobación del consumidor es su **color**. Las fluctuaciones de color del chocolate se deben a las reacciones de Maillard entre proteínas e hidratos de carbono. La pérdida de brillo y las alteraciones del color del chocolate se ven agravadas por las altas temperaturas de almacenamiento (Pastor et al., 2007b). En estos procesos se produce agua, que puede elevar el contenido de humedad del producto y restarle textura. El fenómeno conocido como bloom, tanto de grasas como de azúcares, es el causante de que el chocolate negro y el chocolate con leche adquieran un color gris característico. Dado que modifica el color y la textura del chocolate, es una de las principales causas de pérdida de calidad en el negocio (Beckett, 2011; Ghosh et al., 2002; Nightingale et al., 2011a). Sin embargo, la seguridad del chocolate para la ingestión no se ve afectada por este fenómeno.

La acumulación visible de cristales de grasa en la superficie de los productos de chocolate como resultado del polimorfismo de las cadenas de ácidos grasos y la separación de fases se conoce como "**fat bloom**". Los lípidos que tienen una mayor fluidez y un punto de fusión más bajo tienen más probabilidades de desplazarse a la superficie (Ali et al., 2001). Este cambio se produce principalmente por el almacenamiento a altas temperaturas (más de 20 °C) o con oscilaciones térmicas. En estas circunstancias, la manteca de cacao migra a la superficie del chocolate y recristaliza, dándole un aspecto grasiento y gris blanquecino (Engeseth & Ac Pangan, 2018; Ghosh et al., 2002). Una transición polimórfica que eleva el punto de fusión de los ácidos grasos hace que disminuya la sensación de fusión y que la superficie del chocolate pierda su brillo característico(Engeseth & Ac Pangan, 2018; Pastor et al., 2007b).

El sugar bloom es un fenómeno que se produce cuando los cambios de temperatura inducen a la humedad a condensarse en la superficie del chocolate, haciendo que los cristales de azúcar se desplacen a la parte superior (Ghosh et al., 2002). Esto da lugar a manchas blancas que se asemejan al bloom graso, pero que confieren al producto una textura arenosa y una sensación en boca áspera y granulosa. Este tipo de cambio físico está asociado a los procesos de transición vítrea, que hacen que los alimentos pasen de un estado sólido a uno elástico, lo que afecta a su estabilidad y calidad (Giannakourou et al., 2021b).

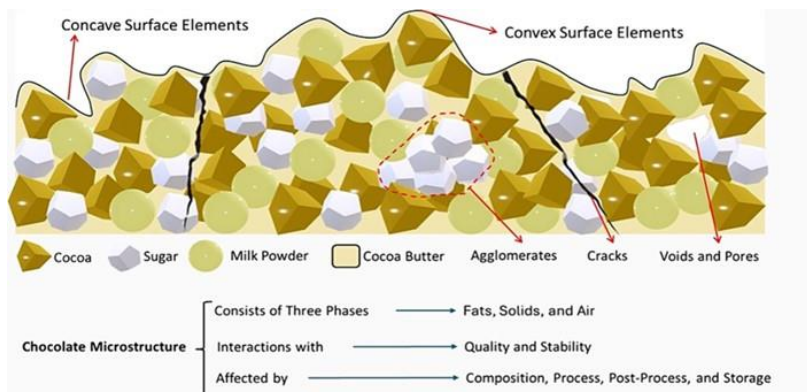
Las alteraciones del sabor y el olor son las principales causas del deterioro del chocolate. Este cambio resulta de la oxidación de los ácidos grasos durante el almacenamiento, que produce los hidroperóxidos que dan a los alimentos sus sabores y olores desagradables (MASKAN et al., 1993b). En consecuencia, disminuyen la vida útil,

la seguridad y el valor nutritivo del producto (Calligaris et al., 2008b). Las cualidades intrínsecas del producto, el tipo de envase y factores ambientales como el contenido de oxígeno, la temperatura, la humedad y la luz afectan a la rapidez con que los lípidos se oxidan durante el almacenamiento (Barden & Decker, 2016b; Calligaris et al., 2016b; EVRANUZ, 1993b; Gumus & Decker, 2021b). Los alimentos ricos en ácidos grasos insaturados son especialmente vulnerables a la oxidación y el enranciamiento (Calligaris et al., 2016c; Hřivna et al., 2021b; Rossini et al., 2011b).

2.3.3.1 Factores intrínsecos

Los factores que afectan la microestructura del chocolate se pueden dividir en cuatro categorías: (i) composición, (ii) condiciones de procesamiento, (iii) posprocesamiento y (iv) condiciones de almacenamiento (Da Silva et al., 2017) (Figura 5). Cada región del chocolate interactúa en diversos grados con diferentes factores y características de calidad. En varios estudios, se han investigado elementos topológicos como poros y eminencias para el chocolate, considerándolos como defectos superficiales (Reinke et al., 2016).

Figura 7
Factores que afectan la microestructura del chocolate.



Esta característica estructural provoca el desarrollo de diferentes interacciones con la luz (Briones et al., 2006). Aunque se trata de una interacción que puede tolerarse en algunos alimentos, afecta al sabor y gusto percibidos, así como al gusto por el chocolate (Konar et al., 2022, Gunes et al., 2022). Por lo tanto, la composición se considera en cuanto a estabilidad y calidad.

La complejidad de la microestructura varía según el tipo de chocolate, ya que el número y las propiedades de los componentes son diferentes para cada alimento. La presencia y concentración de sus componentes de componentes de un alimento puede afectar las principales características de calidad y la estabilidad del producto. En muchos estudios de reformulación de alimentos, es importante discutir los factores que afectan la microestructura y los resultados de las posibles interacciones, las relaciones de estas interacciones con el proceso del chocolate, la composición y la estabilidad (Konar et al., 2024).

Los factores que influyen en la vida útil son principalmente el producto alimenticio con sus características de calidad intrínsecas, el embalaje y el medio ambiente (transporte, condiciones de almacenamiento y clima). Contribuyen al cambio de propiedades sensoriales, químicas, físicas y/o microbiológicas del producto (Class et al., 2021). Estas propiedades pueden evaluarse mediante una evaluación analítica objetivo de los atributos externos (desde el color hasta el gusto y el aroma) y factores internos relacionados con cambios químicos, bioquímicos y microbiológicos que resultan en un deterioro nutricional y de seguridad (Chauhan et al., 2017). Las técnicas objetivas tradicionales utilizadas para evaluar la vida útil son caras, llevan mucho tiempo, requieren mucha mano de obra y se limitan al seguimiento fuera de línea. Por el contrario, las

técnicas de detección electrónica están diseñadas para brindar información en tiempo real, superando los costos y el tiempo asociados con los métodos de laboratorio convencionales o relacionados con la participación humana, como en el caso del análisis sensorial tradicional (Yakubu et al., 2022). La posibilidad de realizar análisis rápidos y no destructivos cobra especial relevancia en el mercado alimentario actual, caracterizado por un aumento del comercio internacional de alimentos frescos, junto con la necesidad de un producto controlado eficaz en una visión ambientalmente sostenible. Por lo tanto, la aplicación de tecnologías de control de calidad más avanzadas se ha convertido en una cuestión clave (Palumbo et al., 2022) que las partes interesadas científicas e industriales buscan afrontar.

2.3.3.2 Factores extrínsecos

La vida útil de los productos alimenticios se refiere al período durante el cual se pueden utilizar manteniendo la calidad de los alimentos. Los factores extrínsecos, como la atmósfera gaseosa, la temperatura de almacenamiento y la humedad relativa, junto con las propiedades intrínsecas de los alimentos, determinan la estabilidad en almacenamiento y la perecibilidad de los alimentos (D'Souza et al., 2017). Dependiendo del propósito y situación específica, la vida útil se puede definir desde diferentes perspectivas (Piergiovanni & Limbo, 2019).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 POBLACIÓN

Clon de cacao VRAE-99 del distrito de Pichari.

3.2 MUESTRA

La muestra comprende 500 g de pasta de cacao, 500 g de chocolate al 60 %, 500 g de chocolate al 70 % y 500 g de chocolate al 80 % cacao, siendo las muestras utilizadas en este estudio.

Muestreo: Para nuestra investigación se usó las tablas (Gill & Johnson, 2010) precalculadas indicada por (Ahmed, 2024), considerando un tamaño de población con un nivel de confianza del 95 %.

3.3 LUGAR DE EJECUCIÓN

La preparación de las muestras de chocolate se desarrolló en los ambientes del CITE PRODUCTIVO VRAEM, por la cercanía del lugar y los materiales y equipos a utilizar para la transformación de cacao en chocolate de diferentes porcentajes.

La parte experimental del trabajo de investigación se realizó en los laboratorios de Análisis de Alimentos y Tecnología de Alimentos (X-212), Laboratorio de la Escuela profesional de Farmacia y Bioquímica- Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga y el Laboratorio de Calidad total de la Universidad Nacional Agraria la Molina.

Figura 8

Parte frontal del CITE Productivo VRAEM.



Figura 9

Laboratorio del análisis de alimentos X-212.



3.4 MATERIALES DE VIDRIO

- Probeta de: 5 ml, 25 ml y 100 ml
- Fiola de: 25ml (2), 10ml, 100ml (2) y 1000 ml.
- Matraz Erlenmeyer de: 250ml (5) y 1000 ml
- Vaso precipitado de: 100ml (2) y 500 ml

- Bureta de 25 ml
- Piseta
- Papel aluminio
- Papel toalla
- Indicador de pH (PANPEHA)
- Soporte universal
- Espátula
- Varilla de vidrio
- Bombilla

3.5 REACTIVOS

- Hidróxido de sodio (NaOH)
- Ácido clorhídrico (HCl)
- Hidróxido de potasio (KOH)
- Cloruro de magnesio $MgCl_2 \cdot 6H_2O$
- Carbonato de potasio (K_2CO_3)
- Nitrato de sodio ($NaNO_3$)
- Cloruro de potasio (KCl)
- Cloruro de bario ($BaCl_2 \cdot 2H_2O$)
- Sulfato de potasio (SO_4K_2)
- Sulfato de cobre (SO_4Cu)
- Ácido clorhídrico (HCl)
- Ácido sulfúrico (H_2SO_4)

- Hidróxido de sodio (NaOH)
- Ácido bórico (H₃BO₃)
- Rojo metilo
- Verde bromocresol

3.6 EQUIPOS E INSTRUMENTOS

- Equipo medidor de humedad MX-50 Moisture Meter (51g, 0.01 (0.1) %).
- Equipo medidor de actividad de agua portátil Rotronic HygroPalm HP23-AW Set.
- Estufa marca Binder Heating and Drying Oven, Tuttingen, Alemania
- Espectrofotómetro de masas: GC-MS, AGILENT 6890N acoplado a detector de masas AGILENT TECHNOLOGIES NETWORK 5973 Mass Selective Detector, Columna capilar 5% difenil, 95% dimetilpolisiloxano, WCOT Fused Silica VF-5 ms Varían 30 mx 0,25 mm x 0,25 µm, Inyector: Gas portador: Helio, Temperatura: 280 °C Horno: Temperatura inicial: 100 °C; Temperatura Final: 280 °C; Rango de masas alto: 600

3.7 DISEÑO METODOLÓGICO

3.7.1 Enfoque

Cuantitativo

3.7.2 Tipo

Correlacional

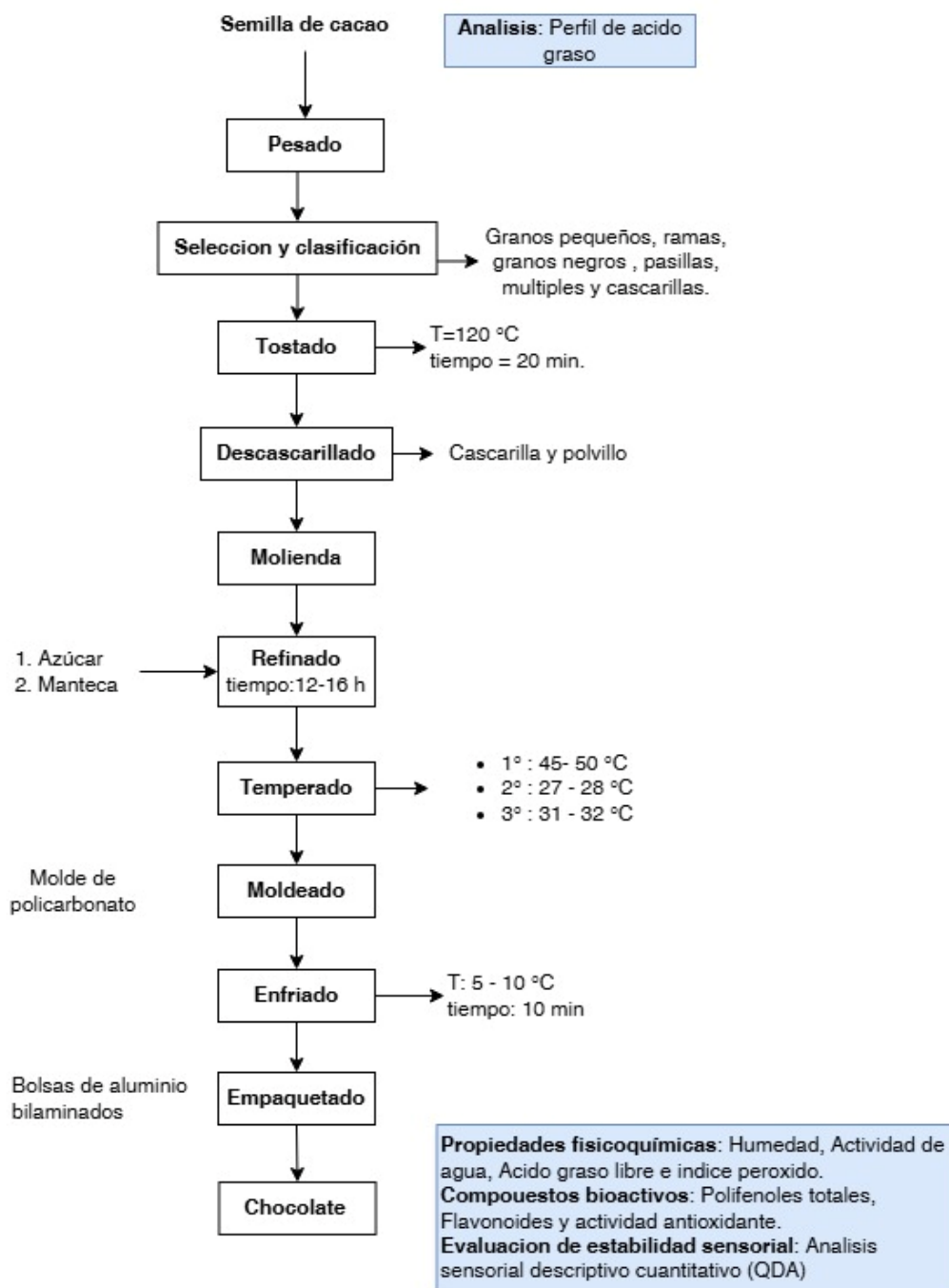
3.7.3 Diseño

Experimental

3.7.4 Preparación de pasta de cacao.

El diseño metodológico se seguirá según el flujo de la Figura 8.

Figura 8
Flujo de proceso de chocolate



3.7.5 Preparación de chocolates de diferentes porcentajes.

Para obtener el chocolate se utilizó la pasta de cacao VRAE-99, la formulación se tomó como referencia de la NTP-CODEX STAN 87:2017 – Norma para el chocolate y productos del chocolate.

3.1.1.1. Formulación de chocolate 60 % cacao

Pasta de cacao	→ 1.680	→ 42 %	} 60%
Manteca de cacao	→ 0.720	→ 18 %	
Azúcar de caña	→ <u>1.600</u>	→ <u>40 %</u>	
	4.00 Kg	100 %	

3.1.1.2. Formulación de chocolate 70 % cacao

Pasta de cacao	→ 2.200	→ 55 %	} 70%
Manteca de cacao	→ 0.600	→ 15%	
Azúcar de caña	→ <u>1.200</u>	→ <u>30 %</u>	
	4.00 Kg	100 %	

3.1.1.3. Formulación de chocolate 80 % cacao

Pasta de cacao	→ 2.800	→ 70 %	} 80%
Manteca de cacao	→ 0.400	→ 10 %	
Azúcar de caña	→ <u>0.800</u>	→ <u>20 %</u>	
	4.00 Kg	100 %	

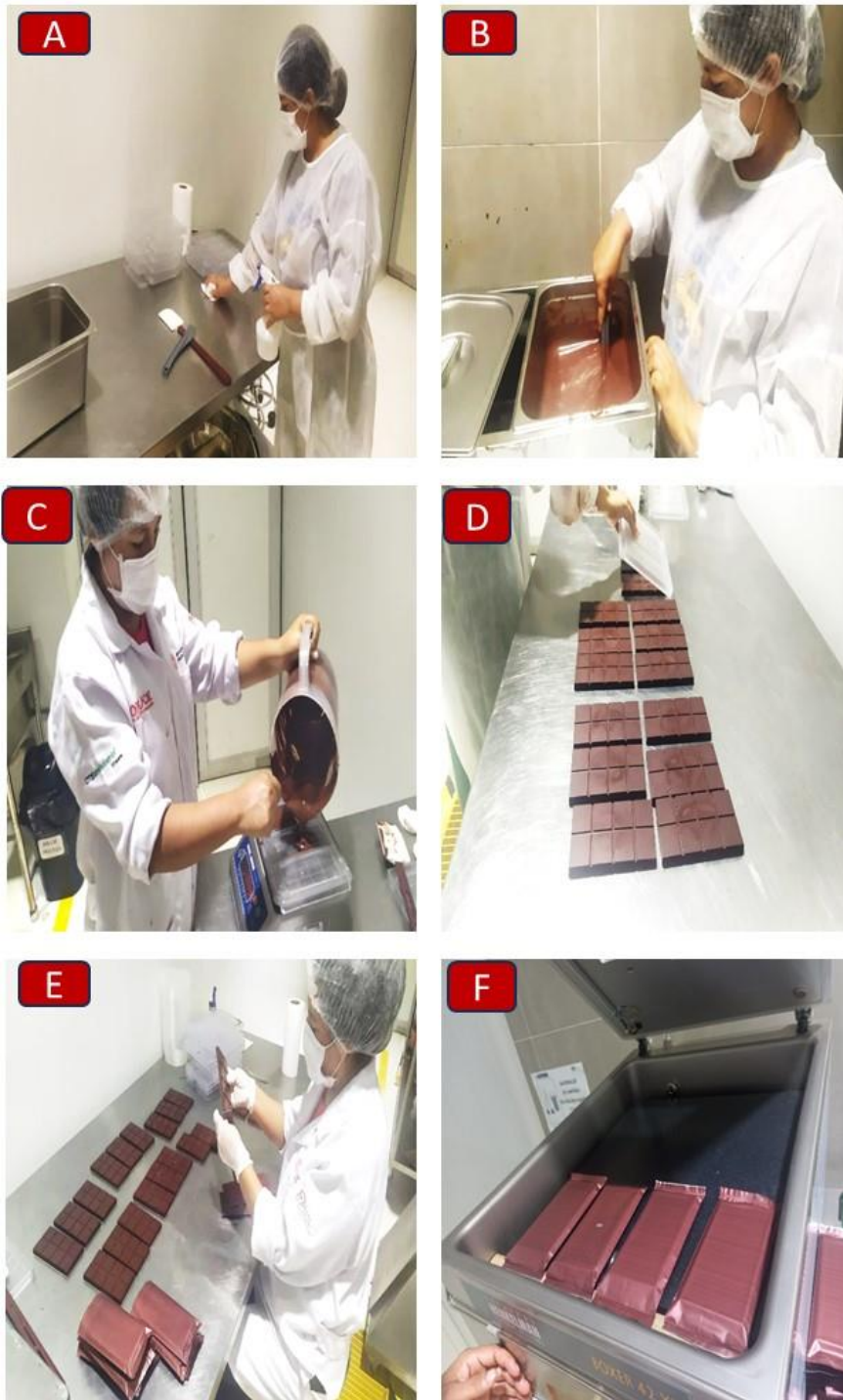
Figura 9

Formulación de chocolates de diferentes porcentajes



Figura 12

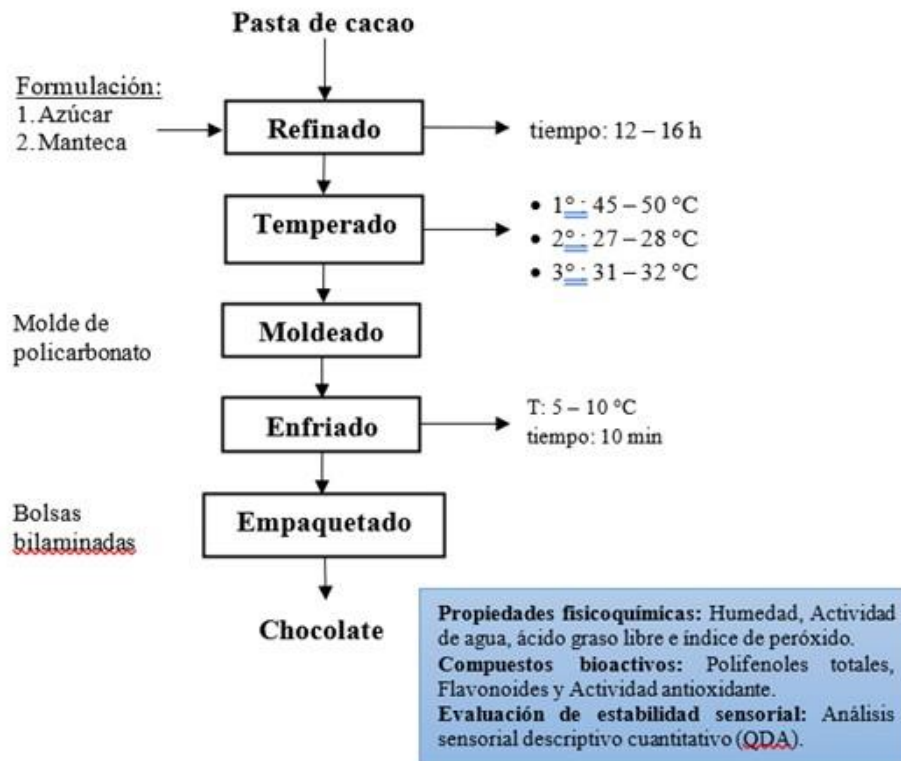
Proceso de elaboración de chocolates de diferentes porcentajes.



Nota. Limpieza y desinfección del ambiente (A), temperado del chocolate (B), moldeado en barras de 100 g (C), desmoldado del chocolate (D), empaquetado en bolsas bilaminadas (E), sellado al vacío (F).

Figura 10

Diagrama de flujo de chocolates de diferentes porcentajes de cacao.



3.7.6 Técnicas instrumentales

3.7.6.1 Perfil de ácidos grasos (Quispe-Sánchez, Caetano, et al., 2023)

La identificación se llevó a cabo por cromatografía de gases-espectrometría masas (GC-MS, AGILENT 6890N acoplado a detector de masas AGILENT TECHNOLOGIES NETWORK 5973 Mass Selective Detector, Columna capilar 5% difenil, 95% dimetilpolisiloxano, WCOT Fused Silica VF-5 ms Varían 30 mx 0,25 mm x 0,25 µm, Inyector: Gas portador: Helio, Temperatura: 280 °C Horno: Temperatura inicial: 100 °C; Temperatura Final: 280 °C; Rango de masas alto: 600). La identificación se realizó mediante la comparación con los espectros de masa con la librería Wiley (2010), usando

como patrón estándar FAME (ácidos grasos ésteres metílicos) y se índices de similitud superiores al 90%.

3.7.6.2 Determinación de humedad, grasa y contenido total de cenizas.

Para el contenido de humedad se aplicó pérdida por secado en estufa, método AOAC 931.04 (2005) para tres muestras. Para el contenido de grasa (usando muestra seca) se aplicó extracción de grasa con éter de petróleo, método Soxhlet AOAC 963.15 (2005), para dos muestras. Para el contenido total de cenizas (usando muestra seca) se calcinó y se usó una mufla por AOAC, (2005) para tres muestras.

3.7.6.3 Determinación de humedad (Abe-Inge et al., 2024)

El contenido de humedad de las muestras de chocolate se determinó de acuerdo con (Thiex, 2009). Se pesaron dos gramos (2 g) de cada muestra en placas de Petri previamente pesadas, lavadas, secadas y enfriadas. Estas se secaron a 105 °C durante 4 h en un horno de aire caliente (Binder Heating and Drying Oven, Tuttingen, Alemania). Las muestras secas se enfriaron a temperatura ambiente y se pesaron junto con las placas de Petri antes de calcular de la siguiente manera:

$$\%Humedad = \frac{w_1 - w_2}{w_1} * 100 \quad (13)$$

W_1 , Peso de la muestra antes del secado; W_2 = Peso de la muestra después del secado.

3.7.6.4 Determinación directa de la actividad del agua.

Se realizó con un medidor de actividad de agua portátil Rotronic HygroPalm HP23-AW Set, se empleó la técnica de punto de rocío y se calibró con soluciones sobresaturadas de: cloruro de litio 8,57M y cloruro de sodio 6 M según AOAC, (2005). Se preparó muestra molida con un diámetro aproximado de 300 micras, se colocó en una cápsula circular de plástico. Además, se introdujo en la recámara y se cerró con cuidado. Después de leer el equipo emitió un pitido indicando el proceso había concluido. Se evaluaron tres muestras por producto.

3.7.6.5 Determinación de humedad en equilibrio

El chocolate solido se trituró hasta un tamaño fino usando un rallador doméstico. Luego, el polvo se acondicionó a 21 ± 2 °C durante 3 a 7 días dentro de cinco frascos de humedad llenos con diferentes soluciones salinas saturadas se utilizarán seis diluciones salinas saturadas (KOH, MgCl₂, K₂CO₃, NaNO₃, KCl y BaCl₂) (Moreira et al., 2016). hasta que se alcanzaron niveles de equilibrio de aw (Tabla 3). Las muestras equilibradas se analizaron utilizando un medidor de actividad de agua portátil Rotronic HygroPalm HP23-AW Set, a temperatura ambiente (20 ± 1 °C). El contenido de humedad de equilibrio se determinó usando el equipo medidor de humedad MX-50 Moisture Meter (51g, 0,01 (0,1) %).

Tabla 2

Actividades de agua de soluciones saturadas de sales a diferentes temperaturas.

	<u>KOH</u>	MgCl ₂ .6H ₂ O	K ₂ CO ₃	NaNO ₃	KCl	BaCl ₂ .2H ₂ O
30 °C	0,0738	0,3238	0,4317	0,7275	0,8362	0,898
40 °C	0,0626	0,3159	0,423	0,71	0,8232	0,891
50 °C	0,0572	0,3054	0,4091	0,6904	0,812	0,8823

Fuente: Greenspan, (1977)

3.7.6.6 Determinación de ácidos grasos libres (Abe-Inge et al., 2024)

Cada muestra de tableta de chocolate triturada pesaba veinte (20) gramos, que luego se llenaron hasta la marca de 50 ml con éter de petróleo en tubos Falcon de 50 ml. Tras cinco minutos de agitación en vórtex, la mezcla se centrifugó durante quince minutos a 1509 × g. Después de decantarse en una placa de Petri estéril y etiquetada, el sobrenadante se secó durante 15 minutos a 105 °C en un horno de aire caliente. Se utilizó una balanza analítica para pesar aproximadamente 0,5 g de las muestras de grasa adquiridas y enfriadas, que se disolvieron en 50 ml de alcohol etílico neutralizado en un matraz Erlenmeyer seco. La solución resultante se valoró con una solución 0,01 N de hidróxido de potasio (KOH) tras ser tratada con 1 ml de indicador de fenolftaleína.

El valor ácido (VA) se calculó como:

$$AV = \frac{mg\ KOH}{peso\ de\ muestra} * N * 56.1 \quad (14)$$

donde; Ml de KOH, título promedio de la muestra; N, normalidad de KOH.

A partir del valor de acidez (AV) calculado, el porcentaje (%) de ácidos grasos libres (FFA) de las distintas muestras se calculó como:

$$\%FFA = AV * 0.503 \quad (15)$$

3.7.6.7 Determinación de fenoles totales (Abe-Inge et al., 2024)

Para determinar el contenido fenólico total se utilizó la técnica de Malacrida et al. (2012), modificada. Se utilizaron 3 mililitros de disolvente metanol para disolver 0.5 g de cada muestra de chocolate triturado en un tubo de ensayo que se había limpiado y secado. Después de agitar el contenido del tubo de ensayo para mezclarlo, se recogió el sobrenadante y se centrifugó durante 15 minutos a $1509 \times g$. Tras repetir el proceso anterior dos veces, se etiquetaron las fracciones mezcladas y se completaron con 10 ml de metanol. Después de introducir una muestra de 1 ml en un tubo de ensayo recién etiquetado, se añadieron 50 μ L de reactivo Folin-Ciocalteu y se agitó la mezcla con un vórtex. Tras tres minutos de reposo, se añadieron 1.5 ml de solución saturada de carbonato sódico (Na_2CO_3). La reacción se dejó funcionar durante dos horas a 28 °C en la oscuridad después de diluir la solución hasta un volumen final de 10 ml. Utilizando un espectrofotómetro UV Vis se midió la absorbancia a 765 nm. Se utilizó ácido gálico como patrón para crear una curva de calibración con concentraciones comprendidas entre 0.00 y 100 ppm.

El contenido fenólico total (CPT) en equivalentes de ácido gálico (EAG) se calculó como;

$$CPT = \frac{C1*V}{m(g)} \quad (16)$$

Donde; TPC, Contenido total de ácido fenólico en mg GAE/g; C1, Concentración de ácido gálico en la muestra de la curva estándar (mg/ml); V, volumen del extracto en ml; m, masa del extracto.

3.7.6.8 Contenido de flavonoides (Todorovic et al., 2015)

Preparación de la muestra: Las muestras de chocolate se almacenaron en el refrigerador. Primero se molieron manualmente en un molino. Se pesaron 2,0 g de cacao tres veces con 10 ml de n-hexano, para eliminar los lípidos del cacao/chocolate. Luego, las muestras desgrasadas se secaron al ambiente durante 24 h para eliminar los residuos de n-hexano (Adamson et al., 1999). Seguidamente se extrajeron los polifenoles y metilxantinas de cacao desgrasados dos veces con 5 ml de mezcla de acetona + agua destilada + ácido acético (70 + 29.8 + 0.2 v/v/v), durante 30 min. La mezcla se centrifugó durante 10 min a 3000 rpm. Después se procedió a la filtración para eliminar las partículas residuales, los filtrados se guardaron en un matraz y envasaron hasta obtener 10 ml de extracto.

Procedimiento: El contenido total de flavonoides de los extractos de chocolate/cacao se evaluó de acuerdo a la metodología de Lee et al. (2003). En un matraz volumétrico de 5 ml, se pipetearon 0,5 ml de cada extracto. La solución se trató con 0.15 ml de la solución de NaNO₂ al 5% durante 6 min y se mezcló uniformemente, en la que se añadieron 0.15 ml de la solución de AlCl₃ al 10% y se agitó por 6 min después, se añadió 1 ml de la solución de NaOH 1M. La mezcla se diluyó con agua destilada hasta 5 ml y se midió la absorbancia en un espectrofotómetro a 510 nm en comparación con

la solución en blanco. Se desarrolló una curva estándar utilizando una solución de **catequina** de 1000 Mm a intervalos de concentración de catequina de 200 Mm. El límite de detección fue de 0.550 mg/L y la desviación estándar relativa fue de 4.62%. Los resultados se expresaron como μmol de equivalentes de catequina (CE)/g.

3.7.6.9 Actividad antioxidante (Martini et al., 2018)

Método DPPH

El desgrasado del chocolate se realizó siguiendo la metodología descrita por (Suazo et al., 2014). Se trituraron trozos de chocolate en un rallador. Seguidamente se pesaron 500 mg de chocolate, luego se colocó en un Erlenmeyer con tapa, añadiéndose 3 ml de hexano 99% y se agitó durante 10 min a una velocidad de 3000 rpm en un agitador magnético. A continuación, se sometió a centrifugación a 4830 rpm durante 20 min. Luego, el sedimento fue secado en una estufa con el fin de eliminar el exceso de hexano.

Para la preparación de la solución metanólica (80%) del radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH) se siguió la metodología descrita por Jonfia-Essien et al. (2008). Se pesaron 100 mg de muestra de chocolate desgrasado y se mezclaron con 10 ml de solución de metanol al 80%, se agitó a 3000 rpm durante 15 min, luego la mezcla se centrifugó a 4830 rpm durante 30 min y luego se filtró en papel de filtro (Whatman N° 40–2.5 μm). El filtrado se almacenó a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta su posterior análisis. La actividad antioxidante de los extractos de chocolate se determinó mediante el ensayo de eliminación de radicales libres 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH) . Se preparó una solución metanólica de DPPH 0.1 Mm. Se pipetearon 2 ml de esta solución en un tubo de

ensayo y se añadieron 200 ml del extracto filtrado. La mezcla se agitó y se incubó a 18 °C en oscuridad. Seguidamente se midió la absorbancia de la solución en un espectrofotómetro a 517 nm. El porcentaje de inhibición se calculó con la ecuación (Lim et al., 2021b).

$$\% \text{ inhibición DPPH} = \frac{((A_0 - AS) - (AT - AS))}{(A_0 - AS)} * 100 \quad (17)$$

Dónde: A0: Absorbancia de la solución DPPH, AS: Absorbancia de metanol, AT: Absorbancia de la muestra. Para determinar la capacidad antioxidante (mmol TE/L) se utilizó la ecuación lineal de la curva de calibración de cinco diluciones del estándar de Trolox.

Método ABTS y FRAP

Las propiedades antioxidantes del chocolate se evaluaron realizando dos ensayos diferentes. Los ensayos ABTS (ácido 2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico) y de poder reductor férrico (FRAP) de acuerdo a la metodología descrito por (Re et al., 1999) y (Benzie et al., 1996), respectivamente. La capacidad de eliminación de ABTS y el valor de FRAP se expresaron como mmol de trolox equivalente por 100 g de chocolate, para determinar la capacidad antioxidante se utilizó la ecuación lineal obtenida con Trolox 50–500 µmol/L, a las mismas condiciones de ensayo.

3.7.6.10 Determinación del valor de peróxido (Abe-Inge et al., 2024)

El valor de peróxido (VP) se determinó de acuerdo con un método modificado descrito por (Abagale et al., 2016). Se pesaron 20 g de cada muestra de chocolate triturada

en fioles de 50 ml y se seguidamente se agregó éter de petróleo hasta enrazar, luego se agito por 5 minutos, en seguida el líquido se centrifugó durante 15 minutos. Tras decantarlo en una placa de Petri estéril y etiquetada, el sobrenadante se secó durante 15 minutos a 105 °C en una estufa. Se utilizó una balanza analítica para pesar los 0,5 g de muestras de grasa enfriadas que se obtuvieron y, a continuación, se disolvieron en 30 ml de una mezcla de cloroformo y ácido acético en un matraz Erlenmeyer seco y limpio. Tras agitar a fondo el contenido del matraz para combinarlo, se añadieron 0,5 ml de solución saturada de yoduro potásico. Se paró el matraz y se agitó para mezclar durante exactamente 1 minuto en la oscuridad. Para extraer el yodo de la capa de cloroformo, se tapó inmediatamente el matraz y se agitó enérgicamente después de añadir 30 mililitros de agua desionizada. La mezcla resultante se tituló frente a una solución estándar de tiosulfato de sodio 0,01 N ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$), hasta que persistió un color rojo tenue; luego se añadieron 0,5 ml de indicador de almidón y se tituló hasta que desapareció el color azul – negro de la capa acuosa. Todas las demás muestras y controles, incluido el blanco, se sometieron al mismo proceso. El índice de peróxido (PV) se calculó como:

$$PV = \frac{(V_s - V_b) * N(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)}{\text{peso de muestra}(g)} * 1000 \quad (18)$$

donde; V_s , volumen (mL) de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ registrado para la muestra; V_b , volumen (mL) de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ registrado para el blanco; N, normalidad de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$.

3.7.6.11 Evaluación sensorial del chocolate

Profesionales del equipo técnico del CITE Agroindustrial-VRAEM conformaron el panel de expertos catadores que realizó la evaluación. De acuerdo a la Norma Técnica

Peruana NTP 107.303.2018, enfocada a la evaluación sensorial del chocolate, estos expertos utilizaron una ficha de cata que se basó en un protocolo estándar para el análisis sensorial del cacao. Además del atributo regusto, se tuvieron en cuenta trece atributos sensoriales específicos: aroma, acidez, amargor, astringencia, defectos y sabor (incluidas sus subcategorías: cacao, dulzor, nuez, frutos secos, frutos frescos, floral y especias). Para evaluar la intensidad de cada atributo se utilizó una escala que iba de 0 (ausente) a 8 (extremo). Para mantener el anonimato durante todo el proceso de evaluación, las muestras se codificaron numéricamente. Para puntuar el atributo aroma, los catadores olfatearon primero las muestras. A continuación, pasaron a la cata para evaluar las cualidades de sabor, defectos, astringencia, amargor y acidez. El atributo regusto se evaluó una vez finalizada la cata. Por último, en la tarjeta de correspondencia, cada catador anotó el nivel de intensidad sensorial que experimentó en cada atributo.

Figura 11

Evaluación sensorial de las muestras de chocolate de diferentes porcentajes de cacao.



Figura 12

Formulario de evaluación sensorial para el análisis de resultados sensoriales

Cacao de Excelencia

Formato para Evaluación Sensorial de Masa de cacao y Chocolate

Evaluador _____ Fecha _____
 ID de muestra _____ Hora _____
 Info de muestra _____

Masa de cacao Chocolate

Instrucciones: Inserte los valores de intensidad de cada atributo en los y marque con un los sub atributos percibidos

Escala de Intensidad

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
 ← menos intenso más intenso →

5 ATRIBUTOS PRINCIPALES

RUEDA DE SABOR

- Cacao**
- Acidez**
 - Frutal Acética Láctica
 - Mineral / Butírica
- Amargor**
- Astringencia**
- Fruta Fresca**
 - Bayas Citrícos Oscura
 - Pulpa amarilla / Anaranjada / Blanca
 - Tropical
- Fruta Marrón**
 - Seca Marrón Sobre madura
- Vegetal**
 - Pasto / Vegetal verde / Hierba
 - Terroso / Hongo / Musgo / Bosque
- Floral**
 - Flor de azahar Flores
- Madera**
 - Clara Oscura Resina
- Especiado**
 - Especias Tabaco
 - Sazonado / Umami
- Nuez**
 - Parte interna nuez Piel de la nuez
- Caramelo / Panela**
- Dulzor (solo para chocolate)**
- Grado de Tostado**

Sabores Atípicos / Defectos

- Sucio / Empolvado Humedad
- Mohoso Carnoso/ Animal/ Cuero
- Sobre-fermentado / Fruta podrida
- Podrido / Estiércol Humo
- Otros sabores atípicos

Descripción _____

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Calidad global

Comentarios sobre el sabor

Gráfico de Sabor

Nota. La figura representa el formato para la evaluación sensorial de licor de cacao y chocolate. Tomado de *Herramientas de Evaluación Sensorial*, por Cacao de Excelencia, 2023.

Figura 13

Rueda de sabor usado para la evaluación sensorial de chocolate.



3.7.7 Análisis

Se usó la correlacional de Pearson para medir la relación entre el porcentaje de cacao en el chocolate y propiedades fisicoquímicas, compuestos bioactivos.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 PERFIL DEL ACIDO GRASO DEL CACAO VRAE-99

Se identificaron y cuantificaron ocho ácidos grasos en el cacao VRAE-99, como se observa en la Tabla 3, estos fueron Ácido Láurico ($C_{12:0}$), Ácido Palmítico ($C_{16:0}$), Ácido Palmitoleico ($C_{16:1}$), Ácido Heptadecanoico/margárico ($C_{17:0}$), Ácido Heptadecanoico/margaroleico ($C_{17:1}$), Ácido Oleico ($C_{18:1}$ cis), Ácido Linoleico ($C_{18:2}$ cis), Ácido - γ -Linoleico ($C_{18:3n6}$), Ácido Alquídico ($C_{20:0}$) y Ácido Eicoseno ($C_{20:1}$ cis 11). Los valores reportados se asemejan en algunos a los reportados por Quispesánchez, Caetano, et al. (2023). La composición lipídica de los granos de cacao depende de la accesión, la edad de la plantación, la madurez de las mazorcas y las condiciones ambientales (Lima et al., 2011). Estos resultados confirmaron a lo señalado por Lipp & Anklam(1998) y Torres-Moreno et al., (2015) que la variedad de cacao influye en la composición de ácidos grasos.

También se reportó en los resultados los ácidos grasos polinsaturados como el omega 3 Ácido Oleico ($C_{18:1}$ cis) (7.17 %) y el omega 6 (Ácido - γ -Linoleico ($C_{18:3n6}$)) (28.83 %) del total de 36.5 % de omega. Las grasas trans no reporto presencia.

La grasa saturada total fue reportada un 16.1 % y grasa insaturada en 43.9 %, Monoinsaturadas 22.3 % y polinsaturadas de 21.6%.

Tabla 3*Perfil de ácidos grasos en cacao VRAE-99 en g de ácidos grasos/100 g de lípidos.*

Ácidos grasos	g/ 100 g lípido
Ácido Butírico (C ₄ :0)(*)	No detectable
Ácido Caproico (C ₆ :0)(*)	No detectable
Ácido Caprílico (C ₈ :0)(*)	No detectable
Ácido Cáprico (C ₁₀ :0)(*)	No detectable
Ácido Láurico (C ₁₂ :0)	0.333
Ácido Tridecanoico (C ₁₃ :0)(*)	No detectable
Ácido Mirístico (C ₁₄ :0)(*)	No detectable
Ácido Miristoleico (C ₁₄ :1)(*)	No detectable
Ácido Pentadecanoico (C ₁₅ :0)(*)	No detectable
Ácido Pentadecenoico (C ₁₅ :1)(*)	No detectable
Ácido Palmítico (C ₁₆ :0)	26.17
Ácido Palmitoleico (C ₁₆ :1)	0.333
Ácido Heptadecanoico/margárico (C ₁₇ :0)	0.167
Ácido Heptadecanoico/margaroleico (C ₁₇ :1)	0.167
Ácido Estearico(C ₁₈ :0)(*)	No detectable
Ácido Trans-Elaídico (C ₁₈ :1t)	No detectable
Ácido Oleico (C ₁₈ :1 cis)	35.667
Ácido Trans-Linoleaidico (C ₁₈ :2t)(*)	No detectable
Ácido Linoleico (C ₁₈ :2 cis)	28.833
Ácido - γ-Linoleico (C ₁₈ :3n6)	7.167
Ácido Linoleico/α-Linoleico (C ₁₈ :3n3)(*)	No detectable
Ácido Araquídico (C ₂₀ :0)	0.167
Ácido Eicosenico (C ₂₀ :1 cis 11)	0.833
Ácido Eicosadienoico (C ₂₀ :2) (*)	No detectable
Ácido Heneicosanoico (C ₂₁ :0) (*)	No detectable
Acido -γ-Eicosatrienoico (C ₂₀ :3n6)(*)	No detectable
Acido Araquidónico (C ₂₀ :4 n6) (*)	No detectable
Ácido Eicosatrienoico (C ₂₀ :3n3) (*)	No detectable
Ácido Behénico (C ₂₂ :0) (*)	No detectable
Acido Eicosapentaenoico (C ₂₀ :5 n3) (*)	No detectable
Ácido Erúcico (C ₂₂ :1) (*)	No detectable
Ácido Docosadínico (C ₂₂ :2n6)(*)	No detectable
Ácido Tricosanoico (C ₂₃ :0)(*)	No detectable
Ácido Lignocérico (C ₂₄ :0)(*)	No detectable
Ácido Docosahexaenoico (C ₂₂ :6)(*)	No detectable
Ácido Nervónico (C ₂₄ :1)(*)	No detectable

Observación (*): límite de cuantificación $\geq 0.01/100$ g

Al considerar la proporción de ácidos grasos saturados/insaturados, se encontraron diferencias entre estos ($p < 0,05$). Por lo tanto, estos resultados indican que el cacao VRAE-99 tiene un perfil de ácidos grasos más saludable, ya que contienen más ácidos grasos insaturados (30.45%) y menos ácidos grasos saturados (26.50 %).

Los resultados concuerdan con los obtenidos por otros autores, como Leite et al. (2013) , Menezes et al. (2016), Torres-Moreno et al. (2015) y Suzuki et al. (2011), quienes informaron que C16:0, C18:0 y C18: n1 eran los ácidos grasos más importantes en chocolates con alto contenido de cacao.

Según Torres-Moreno et al., (2015) prevalencia de ácidos grasos saturados sobre ácidos grasos insaturados se considera negativa desde el punto de vista nutricional. Entre los ácidos grasos insaturados, el ácido oleico fue el más predominante en el cacao VRAE-99. Se considera que el ácido oleico es responsable de la reducción de los niveles de colesterol LDL(De Melo et al., 2020).

4.2 PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS

Dado que el peróxido y los ácidos grasos libres pueden enranciar el chocolate, son ejemplos de elementos fisicoquímicos que pueden utilizarse como indicadores de calidad para calibrar el sabor del chocolate. La presencia de humedad proporciona condiciones propicias para estas reacciones relacionadas con la rancidez y para el crecimiento de mohos que eventualmente causan deterioro y falta de salubridad (Abe-Inge et al., 2024).

4.2.1 Propiedades fisicoquímicas de los chocolates con distintos porcentajes de cacao

Tabla 4

Contenido de aw, humedad, acidez e índice de peróxido de chocolates con diferentes porcentajes de cacao.

Muestra	Aw	Humedad (g/ g ms)	Ácido graso libre (%)	Índice de peróxido (meq O ₂ /kg)
Chocolate con 60 % de cacao	0.517±0.011	1.52±0.111	0.24 ± 0.14	10.71 ± 2.54
Chocolate con 70 % de cacao	0.308±0.016	0.717±0.064	0.23 ± 0.11	10.42 ± 2.38
Chocolate con 80% de cacao	0.285±0.022	0.593±0.108	0.22 ± 0.13	10.64 ± 4.15

El contenido de humedad fue de: 1.52±0.111; 0.717±0.064 y 0.593±0.108 para los chocolates con 60%, 70% y 80% de cacao respectivamente. Un contenido de humedad de 0.5 a 1.5 % no afecta la fluidez del chocolate (Abe-Inge et al., 2024). Sin embargo, un alto contenido de agua (>2%) hace que el producto tenga un comportamiento reológico anormal (Kusumadevi et al., 2021). Cuando la humedad es mayor a 2%, las partículas del chocolate se pegan entre sí y provocan aglomeración. Además, la viscosidad y la dureza aumentan cuando hay aglomeración (Afoakwa et al., 2007). La deshidratación provocada por el calor del sol es la principal fuente de variaciones de humedad en los chocolates (Tenyang et al., 2020).

El contenido de aw se encuentra debajo del límite superior (mayor que 0,50) que genera desarrollo microbiológico (Burndred & Peace, 2017).

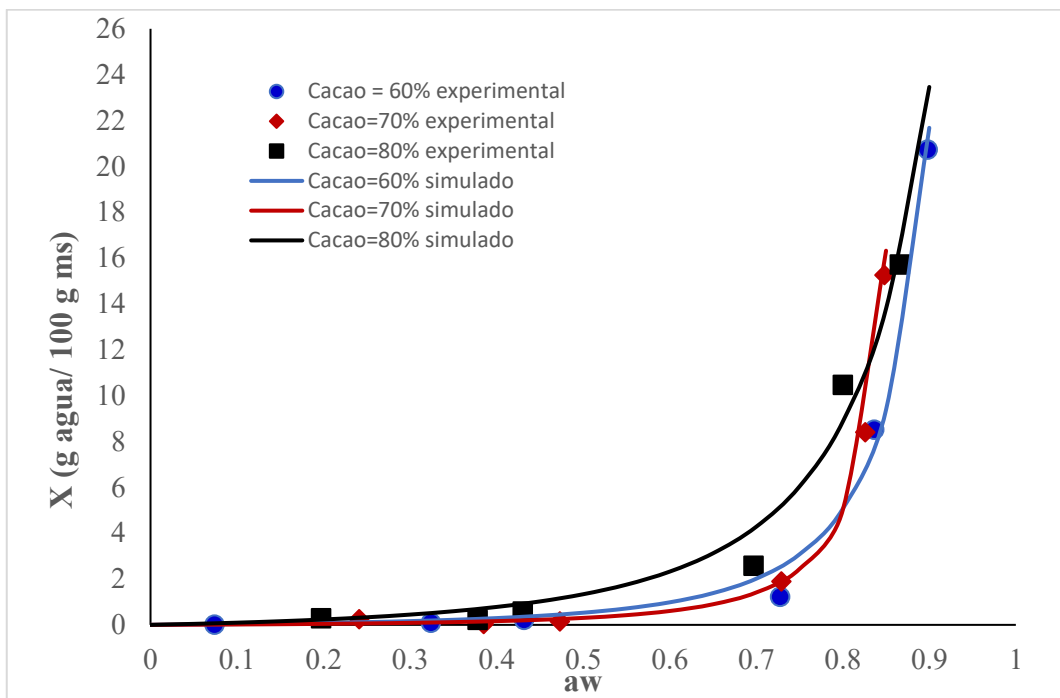
El contenido de ácidos grasos libres fue relativamente bajo en los chocolates con 60, 70 y 80 % de cacao. Los chocolates registraron un bajo contenido de ácidos grasos libres, 0.36 ± 0.13 % y 0.35 ± 0.14 %, respectivamente. La composición de ácidos grasos del chocolate está formada por componentes saturados e insaturados. Junto con los principales ácidos grasos, como el palmítico, el esteárico, el oleico y el linoleico, hay pequeñas cantidades de otros ácidos grasos saturados y poliinsaturados (Perret et al., 2004). Se observó un patrón similar, indicando que los valores de peróxido eran proporcionales a la cantidad de ácidos grasos libres. Los triglicéridos y los fosfolípidos del chocolate se hidrolizaron parcialmente, como demuestra el aumento de ácidos grasos libres. Según el índice de peróxidos, éstos se crean durante las primeras fases de la oxidación de las grasas. Estos peróxidos se convierten en diferentes moléculas, como los ácidos grasos libres, a medida que continúa la oxidación. Como resultado, a medida que avanza el proceso de oxidación, un aumento del índice de peróxidos suele ir seguido de un aumento de la cantidad de ácidos grasos libres. Debido a la elevada temperatura del entorno, la hidrólisis lipídica puede ser una acción de termólisis (Tenyang et al., 2020). Los valores registrados de concentración de ácidos grasos libres fueron inferiores al 1.0%, lo que coincide con el nivel permitido de 1.75% en la manteca de cacao elaborada a partir de granos de cacao secos. (Jonfia-Essien & Navarro, 2010).

4.2.2 Isoterma de humedad de equilibrio

Los resultados muestran que los chocolates tienen una a_w estable hasta un valor de 0.6, posterior a ello empieza a incrementarse, resultados que es concordante con lo manifestado por (Minifie, 1989), los chocolates oscuros empiezan a absorber humedad cuando el ambiente tiene 85% de HR.

Figura 14

Isotermas de adsorción de chocolate con 60, 70 y 80 % de cacao a temperatura ambiental promedio 21°C.



De acuerdo a los parámetros indicadores del comportamiento del chocolate frente a la humedad ambiental, donde $k \geq 1$, donde las capas múltiples tienen energía de adsorción igual a la del agua, por lo cual el producto presenta buena estabilidad a la humedad ambiental.

El valor de C es bajo, nos indica que la diferencia de energía entre la adsorción en la monocapa y el estado líquido del agua es muy baja. Valores altos de C indican que el agua se une fuertemente en la monocapa (más interacción sólido-agua). Suele estar relacionado con la polaridad o afinidad química del material hacia el agua.

Figura 15

Parámetros del modelo matemático de GAB para los chocolates con 60, 70 y 80% de cacao.

Parámetros del modelo	Chocolates con diferentes porcentajes de cacao		
	60%	70%	80%
Kg	1.015	1.129	0.945
C	0.047	0.142	0.061
Mo	5.583	0.849	13.628

El valor de Mo, representa la cantidad de humedad que se adsorbe en una capa molecular única sobre la superficie del sólido. Es una medida importante porque en esa capa el agua está más firmemente unida al sólido. Tiene implicaciones prácticas: es el punto ideal para la estabilidad microbiológica y química de los alimentos.

4.2.3 Contenido de polifenoles totales y flavonoides

El contenido de polifenoles totales y flavonoides en los chocolates de 60, 70 y 80 % de cacao, determinados se muestran en la Tabla 5, como se puede observar a medida que se incrementa el contenido de cacao en los chocolates se incrementan dichos compuestos. "Hay un aumento notable de los niveles de polifenoles y flavonoides totales en el chocolate a medida que aumenta su contenido de cacao".

Tabla 5

Contenido de fenoles y flavonoides en chocolate con diferentes porcentajes de cacao.

Muestras	Polifenoles totales (mg GAE/g de muestra)	Flavonoides (mg QE/g de muestra)
Chocolate con 60 % de cacao	111,70 ± 1,72	106,44 ± 2,08
Chocolate con 70 % de cacao	154,56 ± 3,63	130,89 ± 6,73
Chocolate con 80% de cacao	174,74 ± 2,05	154,04 ± 10,25

Leyenda: GAE: Equivalente al ácido gálico; QE: Equivalente a la quercetina

Chacón Ortiz et al. (2021) informaron de hallazgos similares, señalando que la cantidad de polifenoles y flavonoides en las formulaciones de chocolate aumenta significativamente a medida que aumenta el porcentaje de cacao crudo. Esto se debe a que los compuestos fenólicos de los granos de cacao se deterioran cuando se exponen a altas temperaturas (entre 100 y 120 °C) durante el proceso de tostado (Stanley et al., 2018). En este contexto, Żyżelewicz et al. (2016b) descubrieron que el contenido bioactivo de los granos de cacao disminuye al aumentar la temperatura de tostado. Esto incluye disminuciones en las cantidades de procianidinas, epicatequina, epigallocatequina y tetrámeros de cinamontano que se encuentran en el grano sin tostar. Para restablecer parcialmente la cantidad de compuestos bioactivos en el licor de cacao destinado a la producción de chocolate, Oracz & Nebesny, (2019b), proponen añadir granos de cacao sin tostar.

Los polifenoles predominantes en el chocolate pertenecen principalmente a la clase de flavonoides denominada flavan-3-oles (Hu et al., 2016). Los resultados fueron ligeramente superiores a los datos publicados anteriormente por Viuda-Martos et al.

(2011), que también emplearon el método Folin-Ciocalteu. El principal inconveniente del método Folin-Ciocalteu es su falta de especificidad, causada por otros productos de oxidación que interfieren en la reacción y modifican la cantidad real de polifenol (Ainsworth et al., 2007).

4.2.4 Actividad antioxidante

En la Tabla 6, se reporta los resultados de la actividad antioxidante para los chocolates con 60,70 y 80 % de cacao, para los métodos DPPH ABTS y FRAP de ensayo de valuación. Esto podría deberse a que, aunque los polifenoles son los principales antioxidantes del cacao (Vázquez-Ovando et al., 2016), también están presentes otras sustancias con capacidad antioxidante, como las metilxantinas, entre ellas la teobromina y, en menor proporción, la cafeína (Katz et al., 2011a). Además, es importante considerar que los ácidos grasos, que constituyen uno de los componentes mayoritarios del cacao (Oliva-Cruz et al., 2021a) también pueden influir en su actividad antioxidante.

Chacón Ortiz et al. (2021), reportaron resultados consistentes, observando que una incorporación del 10 % de cacao permitió duplicar el contenido fenólico. No obstante, al incrementar la proporción al 20 % y 30 %, la tasa de aumento se redujo. Esta disminución podría explicarse por diversos factores. En primer lugar, aunque los polifenoles constituyen los principales compuestos antioxidantes del cacao (Ovando et al., 2016), también están presentes otras sustancias bioactivas con capacidad antioxidante, como las metilxantinas, particularmente la teobromina y, en menor medida, la cafeína (Katz et al., 2011b); En segundo lugar, una mayor adición de cacao crudo podría favorecer el deterioro de ciertos compuestos antioxidantes debido a las condiciones de procesamiento (Di

Mattia et al., 2017). Finalmente, es importante considerar que los ácidos grasos, componentes mayoritarios del cacao (Oliva-Cruz et al., 2021), también presentan actividad antioxidante (Gustinelli et al., 2018) y podrían verse afectados por los tratamientos térmicos u otras variables tecnológicas aplicadas.

Tabla 6

Actividad antioxidante métodos DPPH ABTS y FRAP para chocolates con diferentes porcentajes de cacao.

Muestras	Métodos de ensayos		
	DPPH (μ moles ET/g de muestra)	ABTS (μ moles ET/g de muestra)	FRAP (μ moles ET/g de muestra)
Chocolate con 60 % de cacao	86,97 \pm 0,92	335,29 \pm 8,84	556,35 \pm 5,87
Chocolate con 70 % de cacao	96,41 \pm 0,93	468,86 \pm 5,92	697,41 \pm 13,01
Chocolate con 80% de cacao	105,94 \pm 2,45	557,43 \pm 6,39	815,55 \pm 10,55

4.3 CAMBIOS SENSORIALES DURANTE ALMACENAMIENTO

El análisis descriptivo cuantitativo (QDA) del perfil sensorial de los chocolates con 60%, 70% y 80% de cacao, respectivamente, se muestra en las figuras 16, 17 y 18, junto con las medias de cada atributo.

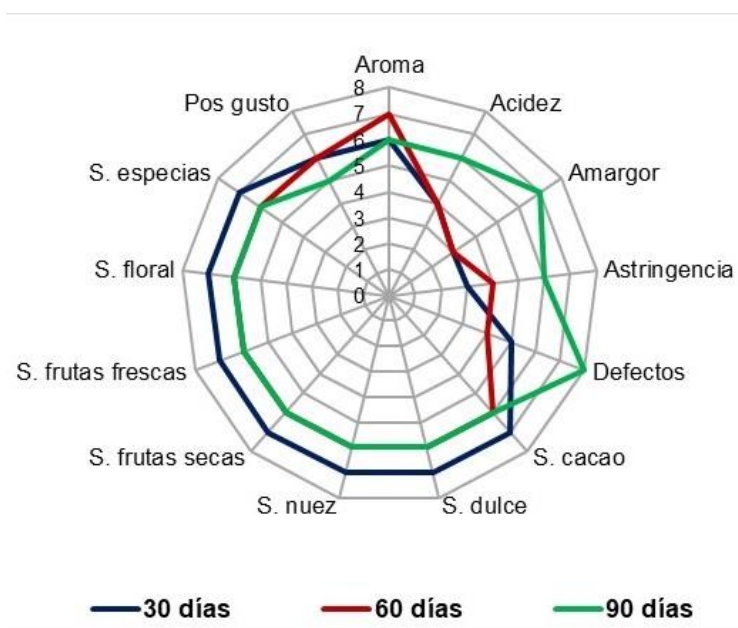
Las características de acidez, amargor y astringencia aumentaron durante el almacenamiento, como se observa en la Figura 16. Según Solórzano Chavez et al. (2015);

el amargor se define como una sensación fuerte relacionada con sustancias químicas como purinas, polifenoles, teobromina y cafeína. Mientras que la relación cafeína/teobromina en otras variedades de cacao es superior a 1.5, es inferior a 1.5 en los granos de cacao Chunchu.

Las figuras 16, 17 y 18 demuestran lo bien que se conservaron durante el almacenamiento los sabores y aromas de fruta fresca, frutos secos, floral, cacao, nuez, dulce, especias y regusto. Por el contrario, los defectos estaban presentes en cantidades pequeñas e intrascendentes. Las notas afrutadas son un sello distintivo de un cacao fino, según Yaliniz & Riza Tekin, (2017) y Eskes (2018). está de acuerdo. Según Machado Cuellar et al. (2018) la presencia de compuestos como alcoholes, ésteres (benzoato de etilo y acetato de 2-feniletilo) y terpenos (linalol y óxido de linalol) puede ser responsable del sabor floral que se detectó.

Figura 16

Perfil sensorial de los atributos de chocolates con 60% de cacao durante el almacenamiento.



Los principales compuestos de sabor en el chocolate son los polifenoles, presentes en el grano de cacao crudo y que pasan por varias formas durante la producción, y las pirazinas formadas durante la producción, seguidas de los aldehídos, las cetonas y los ésteres. Se han revelado algunos mecanismos de reacciones durante el procesamiento del grano de cacao y el chocolate y están bien establecidos; se están identificando nuevos compuestos (por ejemplo, seilo-inositol, 1-cestosa y 6-cestosa, ácido cacaico) y su participación en las reacciones durante el procesamiento del grano de cacao y el chocolate y su influencia en las propiedades generales del chocolate (sabor, aroma, color)(Barišić et al., 2019).

Figura 17

Perfil sensorial de los atributos de chocolates con 70% de cacao durante el almacenamiento.

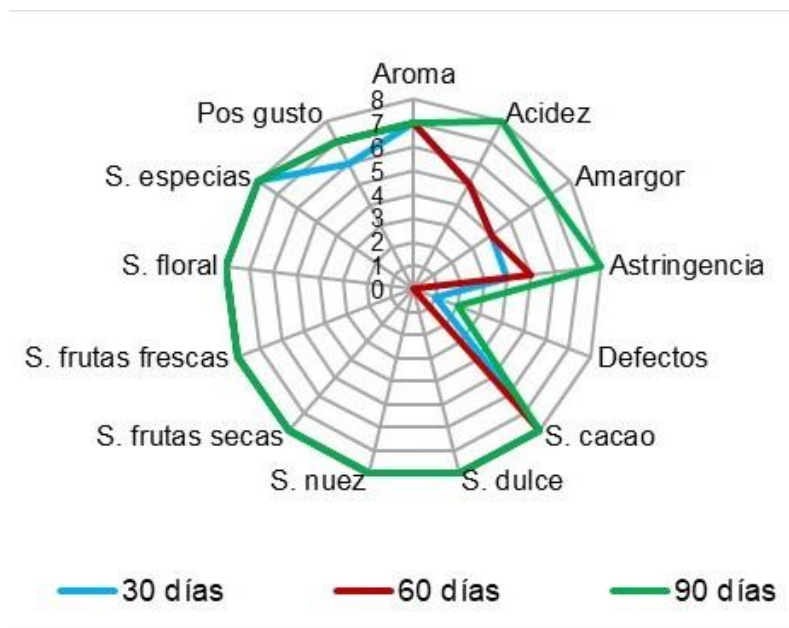
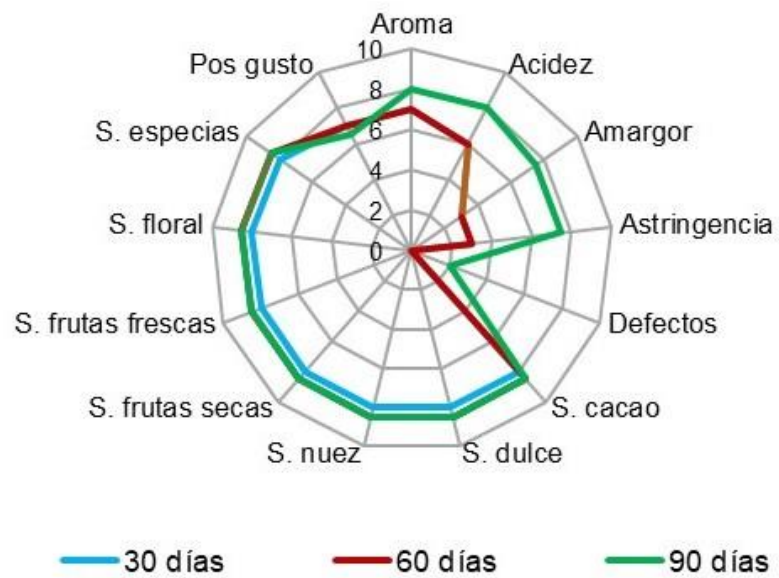


Figura 18

Perfil sensorial de los atributos de chocolates con 80% de cacao durante el almacenamiento.



V. CONCLUSIONES

1. El Ácido Láurico (C12:0), Ácido Palmítico (C16:0), Ácido Palmitoleico (C16:1), Ácido Heptadecanoico/margárico (C17:0), Ácido Heptadecanoico/margaroleico (C17:1), Ácido Oleico (C18:1 cis), Ácido Linoleico (C18:2 cis), Ácido - γ -Linoleico (C18:3n6), Ácido Alquídic (C20:0) y Ácido Eicosenoico (C20:1 cis 11). fueron, cuantitativamente, los ácidos grasos más importantes en el cacao VRAE-99.
2. Las propiedades fisicoquímicas de humedad, actividad de agua, ácido graso libre e índice de peróxido fueron bajos para los chocolates con 60%, 70% y 80% de cacao respectivamente.
3. Los chocolates con 60%, 70% y 80% de cacao presentan una buena estabilidad a la adsorción de humedad según la forma de la isoterma de adsorción de agua.
4. A mayor contenido de cacao en los chocolates es mayor el contenido de polifenoles totales y flavonoides, y correlativamente mayor poder antioxidante de los chocolates.
5. Durante el almacenamiento a condiciones de temperatura ambiental de 15 a 20 °C, los chocolates no presentaron cambios significativos en sabores frutales, aroma y defectos; contrariamente se observó un ligero incremento en acidez, amargor y astringencia en los chocolates con 60%, 70% y 80% de cacao.

VI. RECOMENDACIONES

1. Realizar estudios de perfil lipídico, estudios sensoriales y características fisicoquímicas del cacao VRAE-99, frente a los clones de cacao del distrito de Pichari.
2. Se recomienda realizar estudios comparativos de chocolates elaborados con diferentes clones de cacao del distrito de Pichari, con el fin de evaluar su capacidad antioxidante después de la transformación, lo cual podría mejorar la calidad y el valor del producto final. Esta investigación ayudaría a identificar los clones de cacao que producen chocolates con mayores propiedades antioxidantes.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abagale, S., Abagale, F. K., Abagale, S. A., Oseni, L. A., Abagale, F. K., & Oseifosu, N. (2016). Chemical Analyses of Shea Butter from Northern Ghana: Assessment of Six Industrially Useful Chemical Properties. In *J. Chem. Eng. Chem. Res* (Vol. 3, Issue 1). <https://www.researchgate.net/publication/301593226>
- Abe-Inge, V., Zaukuu, J.-L. Z., Mohammed, L., Agbenorhevi, J. K., & Oduro, I. (2024). Physico-chemical and chemometric analysis of milk chocolate sold in Ghana using NIR spectroscopy. *Future Foods*, *10*, 100427. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2024.100427>
- Abeyrathne, E., Nam, K., Antioxidants, D. A.-, & 2021, undefined. (2021). Analytical methods for lipid oxidation and antioxidant capacity in food systems. *Mdpi.ComEDNS Abeyrathne, K Nam, DU AhnAntioxidants, 2021•mdpi.Com*. <https://www.mdpi.com/2076-3921/10/10/1587>
- Adamson, G. E., Lazarus, S. A., Mitchell, A. E., Prior, R. L., Cao, G., Jacobs, P. H., Kremers, B. G., Hammerstone, J. F., Rucker, R. B., Ritter, K. A., & Schmitz, H. H. (1999). HPLC method for the quantification of procyanidins in cocoa and chocolate samples and correlation to total antioxidant capacity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *47*(10), 4184–4188. <https://doi.org/10.1021/JF990317M>
- Ader, P., Blöck, M., Pietzsch, S., & Wolfram, S. (2001). Interaction of quercetin glucosides with the intestinal sodium/glucose co-transporter (SGLT-1). *Cancer Letters*, *162*(2), 175–180. [https://doi.org/10.1016/S0304-3835\(00\)00645-5](https://doi.org/10.1016/S0304-3835(00)00645-5)
- Adeyeye, E. I., Akinyeye, R. O., Ogunlade, I., Olaofe, O., & Boluwade, J. O. (2010). Effect of farm and industrial processing on the amino acid profile of cocoa beans. *Food Chemistry*, *118*(2), 357–363. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.04.127>

- Afoakwa, E. O., Paterson, A., & Fowler, M. (2007). Factors influencing rheological and textural qualities in chocolate – a review. *Trends in Food Science & Technology*, 18(6), 290–298. <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2007.02.002>
- Afoakwa, E. O., Paterson, A., Fowler, M., & Ryan, A. (2008). Flavor formation and character in cocoa and chocolate: A critical review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48(9), 840–857. <https://doi.org/10.1080/10408390701719272>
- Ahmed, S. K. (2024). How to choose a sampling technique and determine sample size for research: A simplified guide for researchers. *Oral Oncology Reports*, 12, 100662. <https://doi.org/10.1016/j.oor.2024.100662>
- Ainsworth, E., protocols, K. G.-N., & 2007, undefined. (2007). Estimation of total phenolic content and other oxidation substrates in plant tissues using Folin–Ciocalteu reagent. *Nature.ComEA Ainsworth, KM GillespieNature Protocols*, 2007•nature.Com. <https://www.nature.com/articles/nprot.2007.102/briefing/signup>
- Akkarachiyasit, S., Charoenlertkul, P., Yibchok-Anun, S., & Adisakwattana, S. (2010). Inhibitory Activities of Cyanidin and Its Glycosides and Synergistic Effect with Acarbose against Intestinal α -Glucosidase and Pancreatic α -Amylase. *International Journal of Molecular Sciences* 2010, Vol. 11, Pages 3387-3396, 11(9), 3387–3396. <https://doi.org/10.3390/IJMS11093387>
- Ali, A., Selamat, J., Che Man, Y.B., & Suria, A. M. (2001). Effect of storage temperature on texture, polymorphic structure, bloom formation and sensory attributes of filled dark chocolate. *Food Chemistry*, 72(4), 491–497. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(00\)00271-5](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(00)00271-5)
- Andújar, I., Recio, M. C., Giner, R. M., & Ríos, J. L. (2012). Cocoa Polyphenols and Their Potential Benefits for Human Health. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2012, 1–23. <https://doi.org/10.1155/2012/906252>

- Aprotosoiaie, A. C., Luca, S. V., & Miron, A. (2016a). Flavor Chemistry of Cocoa and Cocoa Products—An Overview. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15(1), 73–91. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12180>
- Aprotosoiaie, A. C., Luca, S. V., & Miron, A. (2016b). Flavor Chemistry of Cocoa and Cocoa Products—An Overview. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15(1), 73–91. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12180>
- Aprotosoiaie, A. C., Luca, S. V., & Miron, A. (2016c). Flavor Chemistry of Cocoa and Cocoa Products-An Overview. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15(1), 73–91. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12180>
- Arunkumar, K., Phytology, V. J.-J. of, & 2019, undefined. (2019). Evaluating the processed beans of different cocoa (*Theobroma cacao* L.) accessions for quality parameters. *Core.Ac.UkK Arunkumar, V Jegadeeswari Journal of Phytology*, 2019•core.Ac.Uk. <https://core.ac.uk/download/pdf/236018945.pdf>
- Aslam, A., & Schroën, K. (2023). Lipid oxidation in food emulsions: a review dedicated to the role of the interfacial area. *Current Opinion in Food Science*, 51, 101009. <https://doi.org/10.1016/J.COFS.2023.101009>
- Ballard, C. R., & Maróstica, M. R. (2019). Health Benefits of Flavonoids. *Bioactive Compounds: Health Benefits and Potential Applications*, 185–201. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814774-0.00010-4>
- Barden, L., & Decker, E. A. (2016a). Lipid Oxidation in Low-moisture Food: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(15), 2467–2482. <https://doi.org/10.1080/10408398.2013.848833>
- Barden, L., & Decker, E. A. (2016b). Lipid Oxidation in Low-moisture Food: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(15), 2467–2482. <https://doi.org/10.1080/10408398.2013.848833>

- Barišić, V., Kopjar, M., Jozinović, A., Flanjak, I., Ačkar, Đ., Miličević, B., Šubarić, D., Jokić, S., & Babić, J. (2019). The Chemistry behind Chocolate Production. *Molecules*, 24(17), 3163. <https://doi.org/10.3390/molecules24173163>
- Becerra, L. D., Quintanilla-Carvajal, M. X., Herrera, J. M., Perea-Flores, M. de J., Escobar, S., & Ruiz, R. Y. (2025). Microstructural characterization of cacao seeds during controlled transformation through microscopy techniques and image analysis: Insights into quality-related attributes. *Plant Physiology and Biochemistry*, 223, 109899. <https://doi.org/10.1016/J.PLAPHY.2025.109899>
- Beckett, S. T. . (2002). *La ciencia del chocolate*. 201. https://www.editorialacribia.com/libro/la-ciencia-del-chocolate_54280/
- Beckett, S. T. . (2011). *Industrial Chocolate Manufacture and Use*. 705. https://books.google.com/books/about/Industrial_Chocolate_Manufacture_and_Use.html?hl=es&id=xYe5oTopUTAC
- Belitz, I. H. D. , & G. I. W. (2013). *Food chemistry* (Springer Science & Business Media., Ed.).
- Benzie, I., biochemistry, J. S.-A., & 1996, undefined. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay. *ElsevierIFF Benzie, JJ StrainAnalytical Biochemistry, 1996•Elsevier*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003269796902924>
- Bertazzo, A., Comai, S., Brunato, I., Zancato, M., & Costa, C. V. L. (2011). The content of protein and non-protein (free and protein-bound) tryptophan in Theobroma cacao beans. *Food Chemistry*, 124(1), 93–96. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.05.110>
- Bikos, D., Samaras, G., Charalambides, M. N., Cann, P., Masen, M., Hartmann, C., Vieira, J., Sergis, A., & Hardalupas, Y. (2022). Experimental and numerical

- evaluation of the effect of micro-aeration on the thermal properties of chocolate. *Food & Function*, 13(9), 4993–5010. <https://doi.org/10.1039/D1FO04049A>
- Blanco-Montenegro, I., De Ritis, R., & Chiappini, M. (2007). Imaging and modelling the subsurface structure of volcanic calderas with high-resolution aeromagnetic data at Vulcano (Aeolian Islands, Italy). *Bulletin of Volcanology*, 69(6), 643–659. <https://doi.org/10.1007/s00445-006-0100-7>
- Borchers, A. T., Keen, C. L., Hannum, S. M., & Gershwin, M. E. (2004). Cocoa and Chocolate: Composition, Bioavailability, and Health Implications. *https://Home.Liebertpub.Com/Jmf*, 3(2), 77–105. <https://doi.org/10.1089/109662000416285>
- Brglez Mojzer, E., Knez Hrnčič, M., Škerget, M., Knez, Ž., & Bren, U. (2016). Polyphenols: Extraction Methods, Antioxidative Action, Bioavailability and Anticarcinogenic Effects. *Molecules*, 21(7), 901. <https://doi.org/10.3390/molecules21070901>
- Burdred, F., & Peace, L. (2017). Food safety in chocolate manufacture and processing. In *Beckett's Industrial Chocolate Manufacture and Use* (pp. 598–619). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781118923597.ch25>
- Bytof, G., Biehl, B., Heinrichs, H., & Voigt, J. (1995). Specificity and stability of the carboxypeptidase activity in ripe, ungerminated seeds of *Theobroma cacao* L. *Food Chemistry*, 54(1), 15–21. [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(95\)92657-6](https://doi.org/10.1016/0308-8146(95)92657-6)
- Caligiani, A., Marseglia, A., & Palla, G. (2016). Cocoa: Production, Chemistry, and Use. In *Encyclopedia of Food and Health* (pp. 185–190). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00177-X>

- Calligaris, S., Manzocco, L., Anese, M., & Nicoli, M. C. (2016a). Shelf-life Assessment of Food Undergoing Oxidation—A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(11), 1903–1912. <https://doi.org/10.1080/10408398.2013.807222>
- Calligaris, S., Manzocco, L., Anese, M., & Nicoli, M. C. (2016b). Shelf-life Assessment of Food Undergoing Oxidation—A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(11), 1903–1912. <https://doi.org/10.1080/10408398.2013.807222>
- Calligaris, S., Manzocco, L., Anese, M., & Nicoli, M. C. (2016c). Shelf-life Assessment of Food Undergoing Oxidation—A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(11), 1903–1912. <https://doi.org/10.1080/10408398.2013.807222>
- Calligaris, S., Pieve, S. D., Kravina, G., Manzocco, L., & Nicoli, C. M. (2008a). Shelf life prediction of bread sticks using oxidation indices: a validation study. *Journal of Food Science*, 73(2). <https://doi.org/10.1111/J.1750-3841.2007.00624.X>
- Calligaris, S., Pieve, S. D., Kravina, G., Manzocco, L., & Nicoli, C. M. (2008b). Shelf Life Prediction of Bread Sticks Using Oxidation Indices: A Validation Study. *Journal of Food Science*, 73(2). <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00624.x>
- Chacón Ortiz, C. Y., Mori Culqui, P. L., & Chavez Quintana, S. G. (2021). Antioxidantes y polifenoles totales de chocolate negro con incorporación de cacao (*Theobroma cacao* L.) crudo. *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, 23(4), 266–273. <https://doi.org/10.18271/ria.2021.331>
- Chaiseri, S., & Dimick, P. S. (1989). Lipid and hardness characteristics of cocoa butters from different geographic regions. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 66(12), 1771–1776. <https://doi.org/10.1007/BF02660745>
- Chauhan, O. P., Lakshmi, S., Pandey, A. K., Ravi, N., Gopalan, N., & Sharma, R. K. (2017). Non-destructive Quality Monitoring of Fresh Fruits and Vegetables. *Defence Life Science Journal*, 2(2), 103. <https://doi.org/10.14429/dlsj.2.11379>

- Chire-Fajardo, G. C., Ureña-Peralta, M. O., & Hartel, R. W. (2020). Fatty acid profile and solid fat content of Peruvian cacao for optimal production of trade chocolate. *Revista Chilena de Nutrición*, 47(1), 50–56. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182020000100050>
- Choi, J. Y., Lee, H. J., Cho, J. S., Lee, Y. M., Woo, J. H., & Moon, K. D. (2017). Prediction of shelf-life and changes in the quality characteristics of semidried persimmons stored at different temperatures. *Food Science and Biotechnology*, 26(5), 1255–1262. <https://doi.org/10.1007/S10068-017-0173-4>
- Class, L. C., Kuhnen, G., Rohn, S., & Kuballa, J. (2021). Diving deep into the data: A review of deep learning approaches and potential applications in foodomics. *Foods*, 10(8), 1–18. <https://doi.org/10.3390/foods10081803>
- Czank, C., Cassidy, A., Zhang, Q., Morrison, D. J., Preston, T., Kroon, P. A., Botting, N. P., & Kay, C. D. (2013). Human metabolism and elimination of the anthocyanin, cyanidin-3-glucoside: a ¹³C-tracer study. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 97(5), 995–1003. <https://doi.org/10.3945/AJCN.112.049247>
- das Virgens, I. A., Pires, T. C., de Santana, L. R. R., Soares, S. E., Maciel, L. F., Ferreira, A. C. R., Biasoto, A. C. T., & Bispo, E. da S. (2021). Relationship between bioactive compounds and sensory properties of dark chocolate produced from Brazilian hybrid cocoa. *International Journal of Food Science & Technology*, 56(4), 1905–1917. <https://doi.org/10.1111/IJFS.14820>
- Davinelli, S., Corbi, G., Righetti, S., Sears, B., Olarte, H. H., Grassi, D., & Scapagnini, G. (2018). Cardioprotection by Cocoa Polyphenols and ω -3 Fatty Acids: A Disease-Prevention Perspective on Aging-Associated Cardiovascular Risk. *Journal of Medicinal Food*, 21(10), 1060–1069. <https://doi.org/10.1089/JMF.2018.0002>

- De Melo, C. W. B., Bandeira, M. de J., Maciel, L. F., Bispo, E. da S., de SOUZA, C. O., & Soares, S. E. (2020). Chemical composition and fatty acids profile of chocolates produced with different cocoa (*Theobroma cacao L.*) cultivars. *Food Science and Technology*, *40*(2), 326–333. <https://doi.org/10.1590/FST.43018>
- Delgadillo Quispe, C. (2023). *Influencia de pre secado, frecuencia de remoción y fermentación en la calidad de granos de cacao (Theobroma cacao L.) Llochegua, Huanta 2021.*
- Desideri, G., Kwik-Urbe, C., Grassi, D., Necozone, S., Ghiadoni, L., Mastroiacovo, D., Raffaele, A., Ferri, L., Bocale, R., Lechiara, M. C., Marini, C., & Ferri, C. (2012). Benefits in cognitive function, blood pressure, and insulin resistance through cocoa flavanol consumption in elderly subjects with mild cognitive impairment: The cocoa, cognition, and aging (CoCoA) study. *Hypertension*, *60*(3), 794–801. <https://doi.org/10.1161/HYPERTENSIONAHA.112.193060>
- Di Mattia, C. D., Sacchetti, G., Mastrocola, D., & Serafini, M. (2017). From cocoa to chocolate: The impact of processing on in vitro antioxidant activity and the effects of chocolate on antioxidant markers in vivo. *Frontiers in Immunology*, *8*(SEP), 1–7. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2017.01207>
- Díaz-Valderrama, J. R., Leiva-Espinoza, S. T., & Catherine Aime, M. (2020). The history of cacao and its diseases in the Americas. *Phytopathology*, *110*(10), 1604–1619. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-05-20-0178-RVW/ASSET/IMAGES/LARGE/PHYTO-05-20-0178-RVWT2-1600326015774.JPEG>
- Dolatowska-żebrowska, K. (n.d.). *The oxidative stability of fat in three dark chocolates at different stages of manufacturing process.*

- Dolatowska-Żebrowska, K. , O.-L. E. , W.-W. M. , J. B. R. Y. Ś. , & G. A. (2020). The oxidative stability of fat in three dark chocolates at different stages of manufacturing process. *Sciforum.Net* Dolatowska-Żebrowska, E Ostrowska-Ligeza, M Wirkowska-Wojdyła, B Joanna, A Górski Presented at the 1st International Electronic Conference on Food Science, 2020•sciforum.Net. <https://sciforum.net/manuscripts/7710/manuscript.pdf>
- D'Souza, A. A., Kumari, D., & Banerjee, R. (2017). Nanocomposite biosensors for point-of-care—evaluation of food quality and safety. In *Nanobiosensors* (pp. 629–676). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804301-1.00015-1>
- Efrain, P., Tucci, M. L., Pezoa-Garcia, N. H., Haddad, R., & Eberlin, M. N. (2006). (2006). Teores de compostos fenólicos de sementes de cacauero de diferentes genótipos. *Brazilian Journal of Food Technology*, 9(4), 229-236., 9(4), 229–236.
- Elwers, S., Zambrano, A., Rohsius, C., & Lieberei, R. (2009). *Differences between the content of phenolic compounds in Criollo, Forastero and Trinitario cocoa seed (Theobroma cacao L.)*. <https://doi.org/10.1007/s00217-009-1132-y>
- Engeseth, N. J., & Ac Pangan, M. F. (2018). Current context on chocolate flavor development— a review. *Current Opinion in Food Science*, 21, 84–91. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2018.07.002>
- Ergun, R., Lietha, R., & Hartel, R. W. (2010). Moisture and shelf life in sugar confections. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 50(2), 162–192. <https://doi.org/10.1080/10408390802248833>
- Eskes, A. (2018). LARGE GENETIC DIVERSITY FOR FINE-FLAVOR TRAITS UNVEILED IN CACAO (*Theobroma cacao L.*) WITH SPECIAL ATTENTION TO THE NATIVE CHUNCHO VARIETY IN CUSCO, PERU. *Agrotropica (Itabuna)*, 30(3), 157–174. <https://doi.org/10.21757/0103-3816.2018V30N3P157-174>

- EVVRANUZ, E. Ö. (1993a). The effects of temperature and moisture content on lipid peroxidation during storage of unblanched salted roasted peanuts: shelf life studies for unblanched salted roasted peanuts. *International Journal of Food Science & Technology*, 28(2), 193–199. <https://doi.org/10.1111/J.1365-2621.1993.TB01264.X>
- EVVRANUZ, E. Ö. (1993b). The effects of temperature and moisture content on lipid peroxidation during storage of unblanched salted roasted peanuts: shelf life studies for unblanched salted roasted peanuts. *International Journal of Food Science & Technology*, 28(2), 193–199. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1993.tb01264.x>
- Fin, T., & Máster, D. E. (2022). *Desarrollo de metodología para estudio de vida útil acelerada en chocolates*. <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/56787>
- Genovese, M. I., Caetano Da, S., & Lannes, S. (2009). Comparison of total phenolic content and antiradical capacity of powders and “chocolates” from cocoa and cupuassu. *Food Science and Technology*, 29(4), 810–814. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612009000400017>
- Ghosh, V., Ziegler, G. R., & Anantheswaran, R. C. (2002). Fat, Moisture, and Ethanol Migration through Chocolates and Confectionary Coatings. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 42(6), 583–626. <https://doi.org/10.1080/20024091054265>
- Giannakourou, M. C., Gogou, E., & Taoukis, P. S. (2021a). Reaction kinetics in food-processing engineering. *Engineering Principles of Unit Operations in Food Processing: Unit Operations and Processing Equipment in the Food Industry*, 443–470. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818473-8.00010-4>
- Giannakourou, M. C., Gogou, E., & Taoukis, P. S. (2021b). Reaction kinetics in food-processing engineering. In *Engineering Principles of Unit Operations in Food*

- Processing* (pp. 443–470). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818473-8.00010-4>
- Gill, J., & Johnson, P. (2010). *Research methods for managers*. <https://www.torrossa.com/gs/resourceProxy?an=4913082&publisher=FZ7200>
- Glicerina, V., Balestra, F., Dalla Rosa, M., & Romani, S. (2016a). Microstructural and rheological characteristics of dark, milk and white chocolate: A comparative study. *Journal of Food Engineering*, *169*, 165–171. <https://doi.org/10.1016/J.JFOODENG.2015.08.011>
- Glicerina, V., Balestra, F., Dalla Rosa, M., & Romani, S. (2016b). Microstructural and rheological characteristics of dark, milk and white chocolate: A comparative study. *Journal of Food Engineering*, *169*, 165–171. <https://doi.org/10.1016/J.JFOODENG.2015.08.011>
- González-Barrio, R., Nuñez-Gomez, V., Cienfuegos-Jovellanos, E., García-Alonso, F. J., & Periago-Castón, M. J. (2020). Improvement of the Flavanol Profile and the Antioxidant Capacity of Chocolate Using a Phenolic Rich Cocoa Powder. *Foods* *2020*, Vol. 9, Page 189, *9*(2), 189. <https://doi.org/10.3390/FOODS9020189>
- Granvogl, M., Bujan, S., & Schieberle, P. (2006). Formation of Amines and Aldehydes from Parent Amino Acids during Thermal Processing of Cocoa and Model Systems: New Insights into Pathways of the Strecker Reaction. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *54*(5), 1730–1739. <https://doi.org/10.1021/jf0525939>
- Gumus, C. E., & Decker, E. A. (2021a). Oxidation in Low Moisture Foods as a Function of Surface Lipids and Fat Content. *Foods (Basel, Switzerland)*, *10*(4). <https://doi.org/10.3390/FOODS10040860>

- Gumus, C. E., & Decker, E. A. (2021b). Oxidation in Low Moisture Foods as a Function of Surface Lipids and Fat Content. *Foods*, *10*(4), 860. <https://doi.org/10.3390/foods10040860>
- Gustinelli, G., Eliasson, L., Svelander, C., Alming, M., & Ahrné, L. (2018). Supercritical CO₂ extraction of bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) seed oil: Fatty acid composition and antioxidant activity. *The Journal of Supercritical Fluids*, *135*, 91–97. <https://doi.org/10.1016/J.SUPFLU.2018.01.002>
- Gutiérrez, T. J. (2017a). State-of-the-Art Chocolate Manufacture: A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, *16*(6), 1313–1344. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12301>
- Gutiérrez, T. J. (2017b). State-of-the-Art Chocolate Manufacture: A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, *16*(6), 1313–1344. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12301>
- Heinrich, U., Neukam, K., Tronnier, H., Sies, H., & Stahl, W. (2006). Long-Term Ingestion of High Flavanol Cocoa Provides Photoprotection against UV-Induced Erythema and Improves Skin Condition in Women. *The Journal of Nutrition*, *136*(6), 1565–1569. <https://doi.org/10.1093/JN/136.6.1565>
- Hřivna, L., Machálková, L., Burešová, I., Nedomová, Š., & Gregor, T. (2021a). Texture, color, and sensory changes occurring in chocolate bars with filling during storage. *Food Science & Nutrition*, *9*(9), 4863–4873. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2434>
- Hřivna, L., Machálková, L., Burešová, I., Nedomová, Š., & Gregor, T. (2021b). Texture, color, and sensory changes occurring in chocolate bars with filling during storage. *Food Science & Nutrition*, *9*(9), 4863–4873. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2434>
- Hu, Y., Pan, Z. J., Liao, W., Li, J., Gruget, P., Kitts, D. D., & Lu, X. (2016). Determination of antioxidant capacity and phenolic content of chocolate by attenuated total

- reflectance-Fourier transformed-infrared spectroscopy. *Food Chemistry*, 202, 254–261. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2016.01.130>
- Hurst, W. J., Glinski, J. A., Miller, K. B., Apgar, J., Davey, M. H., & Stuart, D. A. (2008). Survey of the trans-Resveratrol and trans-Piceid Content of Cocoa-Containing and Chocolate Products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(18), 8374–8378. <https://doi.org/10.1021/JF801297W>
- Ibrahim, S. F., Ezzati, N. S., Dalek, M., Firdaus, Q. A., Raffie, M., & Ain, M. R. F. (2020). Quantification of physicochemical and microstructure properties of dark chocolate incorporated with palm sugar and dates as alternative sweetener. *Materials Today: Proceedings*, 31, 366–371. <https://doi.org/10.1016/J.MATPR.2020.06.235>
- Jalil, A. M. M., & Ismail, A. (2008a). Polyphenols in Cocoa and Cocoa Products: Is There a Link between Antioxidant Properties and Health? *Molecules 2008, Vol. 13, Pages 2190-2219*, 13(9), 2190–2219. <https://doi.org/10.3390/MOLECULES13092190>
- Jalil, A. M. M., & Ismail, A. (2008b). Polyphenols in cocoa and cocoa products: Is there a link between antioxidant properties and health? *Molecules*, 13(9), 2190–2219. <https://doi.org/10.3390/MOLECULES13092190>
- Jonfia-Essien, W. A., & Navarro, S. (2010). *Effect of storage management on free fatty acid content in dry cocoa beans*. 425. <https://doi.org/10.5073/jka.2010.425.167.160>
- Jonfia-Essien, W. A., West, G., Alderson, P. G., & Tucker, G. (2008). Phenolic content and antioxidant capacity of hybrid variety cocoa beans. *Food Chemistry*, 108(3), 1155–1159. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2007.12.001>
- Kan, J., & Chen, K. (2021). *Essentials of food chemistry*. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-981-16-0610-6.pdf>

- Katz, D. L., Doughty, K., & Ali, A. (2011a). Cocoa and chocolate in human health and disease. *Antioxidants and Redox Signaling*, *15*(10), 2779–2811. <https://doi.org/10.1089/ARS.2010.3697>,
- Katz, D. L., Doughty, K., & Ali, A. (2011b). Cocoa and Chocolate in Human Health and Disease. *Https://Home.Liebertpub.Com/Ars*, *15*(10), 2779–2811. <https://doi.org/10.1089/ARS.2010.3697>
- Kaur, C., & Kapoor, H. C. (2002). Anti-oxidant activity and total phenolic content of some Asian vegetables. *International Journal of Food Science & Technology*, *37*(2), 153–161. <https://doi.org/10.1046/J.1365-2621.2002.00552.X>
- Konar, N., Palabiyik, I., Karimidastjerd, A., & Said Toker, O. (2024). Chocolate microstructure: A comprehensive review. *Food Research International*, *196*, 115091. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2024.115091>
- Kongor, J. E., Hinneh, M., de Walle, D. Van, Afoakwa, E. O., Boeckx, P., & Dewettinck, K. (2016a). Factors influencing quality variation in cocoa (*Theobroma cacao*) bean flavour profile — A review. *Food Research International*, *82*, 44–52. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.01.012>
- Kongor, J. E., Hinneh, M., de Walle, D. Van, Afoakwa, E. O., Boeckx, P., & Dewettinck, K. (2016b). Factors influencing quality variation in cocoa (*Theobroma cacao*) bean flavour profile — A review. *Food Research International*, *82*, 44–52. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.01.012>
- Kruger, M. J., Davies, N., Myburgh, K. H., & Lecour, S. (2014). Proanthocyanidins, anthocyanins and cardiovascular diseases. *Food Research International*, *59*, 41–52. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2014.01.046>
- Kusumadevi, Z., Saputro, A., ... A. D.-... S. E. and, & 2021, undefined. (2021). Physical characteristics of compound chocolate made with various flavouring agents

produced using melanger as a small scale chocolate processing device. *Iopscience.Iop.Org* Kusumadevi, AD Saputro, AK Dewi, F Irmandharu, T Oetama, AD Setiowati, S Rahayoe *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2021* • *iopscience.Iop.Org*. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/653/1/012036/meta>

Lechtenberg, M., Henschel, K., Liefländer-Wulf, U., Quandt, B., & Hensel, A. (2012). Fast determination of N-phenylpropenoyl-l-amino acids (NPA) in cocoa samples from different origins by ultra-performance liquid chromatography and capillary electrophoresis. *Food Chemistry*, *135*(3), 1676–1684. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2012.06.006>

Lee, K. W., Kim, Y. J., Lee, H. J., & Lee, C. Y. (2003). Cocoa Has More Phenolic Phytochemicals and a Higher Antioxidant Capacity than Teas and Red Wine. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *51*(25), 7292–7295. <https://doi.org/10.1021/JF0344385>

Leite, P. B., Caetano, S., Lannes, S., Mariani, A., Fabiana, R., De, A. S., Soares, M., Soares, S. E., Da, E., & Bispo, S. (2013). Estudo reológico de chocolates elaborados com diferentes cultivares de cacau (*Theobroma cacao* L.). *Brazilian Journal of Food Technology*, *16*(3), 192–197. <https://doi.org/10.1590/S1981-67232013005000024>

Lim, P. Y., Wong, K. Y., Thoo, Y. Y., & Siow, L. F. (2021a). Effect of inulin, fructo-oligosaccharide, trehalose or maltodextrin (M10 and M30) on the physicochemical and sensory properties of dark compound chocolate. *LWT*, *149*, 111964. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2021.111964>

Lim, P. Y., Wong, K. Y., Thoo, Y. Y., & Siow, L. F. (2021b). Effect of inulin, fructo-oligosaccharide, trehalose or maltodextrin (M10 and M30) on the physicochemical

- and sensory properties of dark compound chocolate. *LWT*, *149*, 111964.
<https://doi.org/10.1016/J.LWT.2021.111964>
- Lima, L. J. R., Almeida, M. H., Rob Nout, M. J., & Zwietering, M. H. (2011). Theobroma cacao L., “the food of the gods”: Quality determinants of commercial cocoa beans, with particular reference to the impact of fermentation. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *51*(8), 731–761.
<https://doi.org/10.1080/10408391003799913;PAGE:STRING:ARTICLE/CHAPTER>
- Lipp, M., & Anklam, E. (1998). Review of cocoa butter and alternative fats for use in chocolate—Part A. Compositional data. *Food Chemistry*, *62*(1), 73–97.
[https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(97\)00160-X](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(97)00160-X)
- Machado Cuellar, L., Ordoñez Espinosa, C. M., Angel Sánchez, Y. K., Guaca Cruz, L., Suárez Salazar, J. C., Machado Cuellar, L., Ordoñez Espinosa, C. M., Angel Sánchez, Y. K., Guaca Cruz, L., & Suárez Salazar, J. C. (2018). Organoleptic quality assessment of Theobroma cacao L. in cocoa farms in northern Huila, Colombia. *Acta Agronómica*, *67*(1), 46–52. <https://doi.org/10.15446/ACAG.V67N1.66572>
- Malacrida, C. R., Kimura, M., & Jorge, N. (2012). Phytochemicals and Antioxidant Activity of Citrus Seed Oils. *Food Science and Technology Research*, *18*(3), 399–404. <https://doi.org/10.3136/fstr.18.399>
- Manach, C., Scalbert, A., Morand, C., Rémésy, C., & Jiménez, L. (2004). Polyphenols: food sources and bioavailability. *The American Journal of Clinical Nutrition*, *79*(5), 727–747. <https://doi.org/10.1093/AJCN/79.5.727>
- MARIE, A. (2021). *Gumbo Ya Ya*. University of Pittsburgh Press.
<https://doi.org/10.2307/j.ctv1txdfxg>

- Martini, S., Conte, A., & Tagliazucchi, D. (2018). Comprehensive evaluation of phenolic profile in dark chocolate and dark chocolate enriched with Sakura green tea leaves or turmeric powder. *Food Research International*, *112*, 1–16. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2018.06.020>
- MASKAN, M., ÖNER, M. D., & AYA, A. K. (1993a). STORAGE STABILITY AND ACCELERATED SHELF-LIFE TESTING OF MARGARINE SAMPLES. *Journal of Food Quality*, *16*(3), 175–186. <https://doi.org/10.1111/J.1745-4557.1993.TB00104.X>
- MASKAN, M., ÖNER, M. D., & AYA, A. K. (1993b). STORAGE STABILITY AND ACCELERATED SHELF-LIFE TESTING OF MARGARINE SAMPLES. *Journal of Food Quality*, *16*(3), 175–186. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.1993.tb00104.x>
- Medina-Mendoza, M., Rodriguez-Pérez, R. J., Rojas-Ocampo, E., Torrejón-Valqui, L., Fernández-Jeri, A. B., Idrogo-Vásquez, G., Cayo-Colca, I. S., & Castro-Alayo, E. M. (2021a). Rheological, bioactive properties and sensory preferences of dark chocolates with partial incorporation of Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) oil. *Heliyon*, *7*(2), e06154. <https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2021.E06154>
- Medina-Mendoza, M., Rodriguez-Pérez, R. J., Rojas-Ocampo, E., Torrejón-Valqui, L., Fernández-Jeri, A. B., Idrogo-Vásquez, G., Cayo-Colca, I. S., & Castro-Alayo, E. M. (2021b). Rheological, bioactive properties and sensory preferences of dark chocolates with partial incorporation of Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) oil. *Heliyon*, *7*(2), e06154. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06154>
- Megías-Pérez, R., Ruiz-Matute, A. I., Corno, M., & Kuhnert, N. (2019). Analysis of minor low molecular weight carbohydrates in cocoa beans by chromatographic

- techniques coupled to mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, 1584, 135–143. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2018.11.033>
- Menezes, A. G. T., Batista, N. N., Ramos, C. L., de Andrade e Silva, A. R., Efrain, P., Pinheiro, A. C. M., & Schwan, R. F. (2016). Investigation of chocolate produced from four different Brazilian varieties of cocoa (*Theobroma cacao* L.) inoculated with *Saccharomyces cerevisiae*. *Food Research International*, 81, 83–90. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2015.12.036>
- Meza-Sepúlveda, D. C., Hernandez-Urrea, C., & Valencia-Sanchez, H. (2025). Thermochemical characterization of cellulose extracted from the cocoa pod husk of *Theobroma cacao* L. *Industrial Crops and Products*, 226, 120579. <https://doi.org/10.1016/J.INDCROP.2025.120579>
- Minifie, B. W. (1989). *Chocolate, Cocoa and Confectionery: Science and Technology*. Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-94-011-7924-9>
- Misnawi, A., Jinap, S., Jamilah, B., & Nazamid, S. (2004). Sensory properties of cocoa liquor as affected by polyphenol concentration and duration of roasting. *Food Quality and Preference*, 15(5), 403–409. [https://doi.org/10.1016/S0950-3293\(03\)00097-1](https://doi.org/10.1016/S0950-3293(03)00097-1)
- Moreira, R., Chenlo, F., Sineiro, J., Sánchez, M., & Arufe, S. (2016). Water sorption isotherms and air drying kinetics modelling of the brown seaweed *Bifurcaria bifurcata*. *Journal of Applied Phycology*, 28(1), 609–618. <https://doi.org/10.1007/s10811-015-0553-1>
- Motamayor, J. C., Lachenaud, P., da Silva e Mota, J. W., Loor, R., Kuhn, D. N., Brown, J. S., & Schnell, R. J. (2008). Geographic and Genetic Population Differentiation of the Amazonian Chocolate Tree (*Theobroma cacao* L). *PLOS ONE*, 3(10), e3311. <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0003311>

- Neukam, K., Stahl, W., Tronnier, H., Sies, H., & Heinrich, U. (2007). Consumption of flavanol-rich cocoa acutely increases microcirculation in human skin. *European Journal of Nutrition*, 46(1), 53–56. <https://doi.org/10.1007/s00394-006-0627-6>
- Nicole Cotelle, B. S. P. (2001). Role of Flavonoids in Oxidative Stress. *Current Topics in Medicinal Chemistry*, 1(6), 569–590. <https://doi.org/10.2174/1568026013394750>
- Nightingale, L. M., Lee, S., & Engeseth, N. J. (2011a). Impact of Storage on Dark Chocolate: Texture and Polymorphic Changes. *Journal of Food Science*, 76(1). <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2010.01970.x>
- Nightingale, L. M., Lee, S. Y., & Engeseth, N. J. (2011b). Impact of storage on dark chocolate: texture and polymorphic changes. *Journal of Food Science*, 76(1). <https://doi.org/10.1111/J.1750-3841.2010.01970.X>
- Olaimat, A. N., Osaili, T. M., Al-Holy, M. A., Al-Nabulsi, A. A., Obaid, R. S., Alaboudi, A. R., Ayyash, M., & Holley, R. (2020). Microbial safety of oily, low water activity food products: A review. *Food Microbiology*, 92. <https://doi.org/10.1016/J.FM.2020.103571>
- Oliva-Cruz, M., Mori-Culqui, P. L., Caetano, A. C., Goñas, M., Vilca-Valqui, N. C., & Chavez, S. G. (2021a). Total Fat Content and Fatty Acid Profile of Fine-Aroma Cocoa From Northeastern Peru. *Frontiers in Nutrition*, 8. <https://doi.org/10.3389/FNUT.2021.677000>,
- Oliva-Cruz, M., Mori-Culqui, P. L., Caetano, A. C., Goñas, M., Vilca-Valqui, N. C., & Chavez, S. G. (2021b). Total Fat Content and Fatty Acid Profile of Fine-Aroma Cocoa From Northeastern Peru. *Frontiers in Nutrition*, 8(July), 1–9. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.677000>
- Oracz, J., & Nebesny, E. (2019a). Effect of roasting parameters on the physicochemical characteristics of high-molecular-weight Maillard reaction products isolated from

- cocoa beans of different *Theobroma cacao* L. groups. *European Food Research and Technology*, 245(1), 111–128. <https://doi.org/10.1007/s00217-018-3144-y>
- Oracz, J., & Nebesny, E. (2019b). Effect of roasting parameters on the physicochemical characteristics of high-molecular-weight Maillard reaction products isolated from cocoa beans of different *Theobroma cacao* L. groups. *European Food Research and Technology*, 245(1), 111–128. <https://doi.org/10.1007/s00217-018-3144-y>
- Ovando, I., Vásquez, A., Anaya, L., Bentacur, D., & Salvador, M. (2016). Cocoa alkaloids and polyphenols, mechanisms regulating their biosynthesis and their implications on flavor and aroma. *Latin American Archives of Nutrition*, 66(3), 239–253. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222016000300010&lng=es&nrm=iso&tlng=en
- Padar, S., Jeelani, S. A. K., & Windhab, E. J. (2008). Crystallization Kinetics of Cocoa Fat Systems: Experiments and Modeling. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 85(12), 1115–1126. <https://doi.org/10.1007/S11746-008-1312-0>
- Palomino, I. A. (2022). *Análisis de la calidad física y organoléptica de 3 clones de cacao finos aromáticos (Theobroma cacao L.) en Mazamari-Satipo*. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/8578>
- Palumbo, M., Attolico, G., Capozzi, V., Cozzolino, R., Corvino, A., de Chiara, M. L. V., Pace, B., Pelosi, S., Ricci, I., Romaniello, R., & Cefola, M. (2022). Emerging Postharvest Technologies to Enhance the Shelf-Life of Fruit and Vegetables: An Overview. *Foods* 2022, Vol. 11, Page 3925, 11(23), 3925. <https://doi.org/10.3390/FOODS11233925>
- Pastor, C., Santamaría, J., Chiralt, A., & Aguilera, J. M. (2007a). Gloss and colour of dark chocolate during storage. *Food Science and Technology International*, 13(1), 27–34. <https://doi.org/10.1177/1082013207075664>

- Pastor, C., Santamaría, J., Chiralt, A., & Aguilera, J. M. (2007b). Gloss and Colour of Dark Chocolate During Storage. *Food Science and Technology International*, *13*(1), 27–34. <https://doi.org/10.1177/1082013207075664>
- Perret, D., Gentili, A., Marchese, S., Sergi, M., & Caporossi, L. (2004). Determination of free fatty acids in chocolate by liquid chromatography with tandem mass spectrometry. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, *18*(17), 1989–1994. <https://doi.org/10.1002/RCM.1582>
- Phimolsiripol, Y., & Suppakul, P. (2016a). Techniques in Shelf Life Evaluation of Food Products. *Reference Module in Food Science*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.03293-5>
- Phimolsiripol, Y., & Suppakul, P. (2016b). Techniques in Shelf Life Evaluation of Food Products. In *Reference Module in Food Science*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.03293-5>
- Piergiovanni, L., & Limbo, S. (2019). Food shelf-life models. In *Sustainable Food Supply Chains* (pp. 49–60). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813411-5.00004-1>
- Plata, A. D. La, Chire-Fajardo, G. C., & Ureña-Peralta, M. O. (2020a). Kinetic of fat bloom in commercial dark chocolate samples in Peru. *Acta Agronomica*, *69*(2), 81–88. <https://doi.org/10.15446/ACAG.V69N2.79782>
- Plata, A. D. La, Chire-Fajardo, G. C., & Ureña-Peralta, M. O. (2020b). Kinetic of fat bloom in commercial dark chocolate samples in Peru. *Acta Agronomica*, *69*(2), 81–88. <https://doi.org/10.15446/ACAG.V69N2.79782>
- Podolak, R., Enache, E., Stone, W., Black, D. G., & Elliott, P. H. (2010). Sources and risk factors for contamination, survival, persistence, and heat resistance of Salmonella in low-moisture foods. *Journal of Food Protection*, *73*(10), 1919–1936. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-73.10.1919>

- Prado Maciso, F. (2019). *Caracterización agronómica y morfológica de fruto y semilla de cuatro clones promisorios de cacao (Theobroma cacao L.), Kimbiri, Cusco.*
- Quispe-Sanchez, L., Caetano, A. C., Baca, D., Oliva-Cruz, M., Díaz-Valderrama, J. R., & Chavez, S. G. (2023). Fatty acid profile and rheological properties of cocoa paste from north-eastern Peru. *Journal of Food Composition and Analysis*, *123*, 105580. <https://doi.org/10.1016/J.JFCA.2023.105580>
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., ... A. P.-F. radical biology and, & 1999, undefined. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *ElsevierR Re, N Pellegrini, A Proteggente, A Pannala, M Yang, C Rice-EvansFree Radical Biology and Medicine, 1999•Elsevier.* <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0891584998003153>
- Redgwell, R. J., & Hansen, C. E. (2000). Isolation and characterisation of cell wall polysaccharides from cocoa (*Theobroma cacao* L.) beans. *Planta*, *210*(5), 823–830. <https://doi.org/10.1007/s004250050685>
- Rodríguez-Delzo, E. E., Huerta-Guillén, R., & Montañez-Artica, A. G. (2023). Identificación de variables que mejoren la cadena productiva de cacao (*Theobroma cacao* L.) y su importancia para el desarrollo del VRAEM – Perú. *Revista Agrotecnológica Amazónica*, *3*(2), e465. <https://doi.org/10.51252/raa.v3i2.465>
- Rossini, K., Noreña, C. P. Z., & Brandelli, A. (2011a). Changes in the color of white chocolate during storage: potential roles of lipid oxidation and non-enzymatic browning reactions. *Journal of Food Science and Technology*, *48*(3), 305–311. <https://doi.org/10.1007/S13197-010-0207-X>
- Rossini, K., Noreña, C. P. Z., & Brandelli, A. (2011b). Changes in the color of white chocolate during storage: potential roles of lipid oxidation and non-enzymatic

- browning reactions. *Journal of Food Science and Technology*, 48(3), 305–311.
<https://doi.org/10.1007/s13197-010-0207-x>
- Rottiers, H., Tzompa Sosa, D. A., De Winne, A., Ruales, J., De Clippeleer, J., De Leersnyder, I., De Wever, J., Everaert, H., Messens, K., & Dewettinck, K. (2019). Dynamics of volatile compounds and flavor precursors during spontaneous fermentation of fine flavor Trinitario cocoa beans. *European Food Research and Technology*, 245(9), 1917–1937. <https://doi.org/10.1007/s00217-019-03307-y>
- Rusconi, M., & Conti, A. (2010). Theobroma cacao L., the Food of the Gods: A scientific approach beyond myths and claims. *Pharmacological Research*, 61, 5–13.
<https://doi.org/10.1016/j.phrs.2009.08.008>
- Salvador, I., Massarioli, A. P., Silva, A. P. S., Malaguetta, H., Melo, P. S., & Alencar, S. M. (2019). Can we conserve trans-resveratrol content and antioxidant activity during industrial production of chocolate? *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(1), 83–89. <https://doi.org/10.1002/JSFA.9146>
- Servent, A., Boulanger, R., Davrieux, F., Pinot, M. N., Tardan, E., Forestier-Chiron, N., & Hue, C. (2018). Assessment of cocoa (*Theobroma cacao* L.) butter content and composition throughout fermentations. *Food Research International*, 107, 675–682.
<https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2018.02.070>
- Shahidi, F., & Peng, H. (2018). Bioaccessibility and bioavailability of phenolic compounds. *Journal of Food Bioactives*, 4, 11-68–11–68.
<https://doi.org/10.31665/JFB.2018.4162>
- Sirbu, D., Grimbs, A., Corno, M., Ullrich, M. S., & Kuhnert, N. (2018). Variation of triacylglycerol profiles in unfermented and dried fermented cocoa beans of different origins. *Food Research International*, 111, 361–370.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.05.025>

- Solórzano Chavez, E., Puyutaxi, F. A., Jiménez Barragan, J., Nicklin, C., & Miranda, S. B. (2015). Comparación sensorial del cacao (*Theobroma cacao* L.) Nacional fino de aroma cultivado en diferentes zonas del Ecuador. *Dialnet.Unirioja.EsES Chavez, FA Puyutaxi, JJ Barragan, C Nicklin, SB Miranda* *Revista Ciencia y Tecnología*, 2015•*dialnet.Unirioja.Es*.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5319282>
- Spencer, J. P. E. (2008). Food for thought: the role of dietary flavonoids in enhancing human memory, learning and neuro-cognitive performance: Symposium on ‘Diet and mental health.’ *Proceedings of the Nutrition Society*, 67(2), 238–252.
<https://doi.org/10.1017/S0029665108007088>
- Spencer, J. P. E. (2009). Flavonoids and brain health: multiple effects underpinned by common mechanisms. *Genes & Nutrition*, 4(4), 243–250.
<https://doi.org/10.1007/s12263-009-0136-3>
- Stanley, T. H., Van Buiten, C. B., Baker, S. A., Elias, R. J., Anantheswaran, R. C., & Lambert, J. D. (2018). Impact of roasting on the flavan-3-ol composition, sensory-related chemistry, and in vitro pancreatic lipase inhibitory activity of cocoa beans. *Food Chemistry*, 255, 414–420.
<https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2018.02.036>
- Suazo, Y., Davidov-Pardo, G., & Arozarena, I. (2014). Effect of Fermentation and Roasting on the Phenolic Concentration and Antioxidant Activity of Cocoa from *icaragua*. *Journal of Food Quality*, 37(1), 50–56.
<https://doi.org/10.1111/jfq.12070>
- Suzuki, R. M., Montanher, P. F., Visentainer, J. V., & de Souza, N. E. (2011). Proximate composition and quantification of fatty acids in five major Brazilian chocolate

- brands. *Food Science and Technology*, 31(2), 541–546.
<https://doi.org/10.1590/S0101-20612011000200040>
- Svanberg, L., Lorén, N., & Ahrné, L. (2012). Chocolate Swelling during Storage Caused by Fat or Moisture Migration. *Journal of Food Science*, 77(11), E328–E334.
<https://doi.org/10.1111/J.1750-3841.2012.02945.X>
- Tenyang, N., Ponka, R., Tiencheu, B., Djikeng, F. T., & Womeni, H. M. (2020). Effect of Traditional Drying Methods on Proximate Composition, Fatty Acid Profile, and Oil Oxidation of Fish Species Consumed in the Far-North of Cameroon. *Global Challenges*, 4(8), 2000007. <https://doi.org/10.1002/GCH2.202000007>
- Thiex, N. (2009). Evaluation of analytical methods for the determination of moisture, crude protein, crude fat, and crude fiber in distillers dried grains with solubles. *Academic.Oup.ComN ThiexJournal of AOAC International*, 2009•*academic.Oup.Com*, 92(1), 61–73. <https://academic.oup.com/jaoac/article-abstract/92/1/61/5655861>
- Thomas, E., Lastra, S., & Zavaleta, D. (2023). *Catálogo de cacaos de Perú*.
<https://cgspace.cgiar.org/items/1cca2b46-d57a-4146-8144-310831cf802e>
- Todorovic, V., Redovnikovic, I. R., Todorovic, Z., Jankovic, G., Dodevska, M., & Sobajic, S. (2015). Polyphenols, methylxanthines, and antioxidant capacity of chocolates produced in Serbia. *Journal of Food Composition and Analysis*, 41, 137–143. <https://doi.org/10.1016/J.JFCA.2015.01.018>
- Torres-Moreno, M., Torrescasana, E., Salas-Salvadó, J., & Blanch, C. (2015). Nutritional composition and fatty acids profile in cocoa beans and chocolates with different geographical origin and processing conditions. *Food Chemistry*, 166, 125–132.
<https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2014.05.141>

- Tsao, R. (2010). Chemistry and Biochemistry of Dietary Polyphenols. *Nutrients* 2010, Vol. 2, Pages 1231-1246, 2(12), 1231–1246. <https://doi.org/10.3390/NU2121231>
- Urbańska, B., & Kowalska, J. (2019). Comparison of the Total Polyphenol Content and Antioxidant Activity of Chocolate Obtained from Roasted and Unroasted Cocoa Beans from Different Regions of the World. *Antioxidants*, 8(8), 283. <https://doi.org/10.3390/antiox8080283>
- Vázquez-Ovando, A., Ovando-Medina, I., Adriano-Anaya, L., Betancur-Ancona, D., & Salvador-Figueroa, M. (2016). *Alcaloides y polifenoles del cacao, mecanismos que regulan su biosíntesis y sus implicaciones en el sabor y aroma* (Vol. 66).
- Viuda-Martos, M., Mohamady, M., & control, J. F.-L. (2011). In vitro antioxidant and antibacterial activities of essentials oils obtained from Egyptian aromatic plants. *ElsevierM Viuda-Martos, MA Mohamady, J Fernández-López, KA Abd ElRazik, EA OmerFood Control, 2011•Elsevier.* <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956713511001307>
- Wang, Y., Hou, Y., Wang, Q., Cui, B., Zhang, X., Li, X., Li, Y., & Liu, Y. (2017). Predictive modeling of surimi cake shelf life at different storage temperatures □ Predictive Modeling of Surimi Cake Shelf life at Different Storage Temperatures. *AIP Conf. Proc*, 1834, 40033. <https://doi.org/10.1063/1.4981629>
- Wilson, P., & Hurst, W. (2015). *Chocolate and health: chemistry, nutrition and therapy.* <https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=Z6SpCQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA85&ots=hEoKikPCQl&sig=A3P7elXZ6gxG13cpvVhF1NxeZQ0>
- Wong, C. W., Wijayanti, H. B., & Bhandari, B. R. (2015). *Maillard Reaction in Limited Moisture and Low Water Activity Environment* (pp. 41–63). https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2578-0_4

- Xie, L., Lee, S. G., Vance, T. M., Wang, Y., Kim, B., Lee, J. Y., Chun, O. K., & Bolling, B. W. (2016). Bioavailability of anthocyanins and colonic polyphenol metabolites following consumption of aronia berry extract. *Food Chemistry*, *211*, 860–868. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2016.05.122>
- Yakubu, H. G., Kovacs, Z., Toth, T., & Bazar, G. (2022). Trends in artificial aroma sensing by means of electronic nose technologies to advance dairy production – a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *63*(2), 234–248. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1945533>
- Yaliniz, F., & Riza Tekin, A. (2017). *Optimization of Dark Chocolate Conching Time with Response Surface Methodology*. <http://pearlresearchjournals.org/journals/jasft/index.html>
- Zapata-Alvarez, A., Bedoya-Vergara, C., Porrás-Barrientos, L. D., Rojas-Mora, J. M., Rodríguez-Cabal, H. A., Gil-Garzon, M. A., Martínez-Alvarez, O. L., Ocampo-Arango, C. M., Ardila-Castañeda, M. P., & Monsalve-F, Z. I. (2024). Molecular, biochemical, and sensorial characterization of cocoa (*Theobroma cacao* L.) beans: A methodological pathway for the identification of new regional materials with outstanding profiles. *Heliyon*, *10*(3). <https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2024.E24544/ATTACHMENT/BAF1FA73-7DB8-4F68-8A36-54CCBEF5C6DD/MMC1.XLSX>
- Zhang, D., Martínez, W. J., Johnson, E. S., Somarriba, E., Phillips-Mora, W., Astorga, C., Mischke, S., & Meinhardt, L. W. (2012). Genetic diversity and spatial structure in a new distinct *Theobroma cacao* L. population in Bolivia. *Genetic Resources and Crop Evolution*, *59*(2), 239–252. <https://doi.org/10.1007/s10722-011-9680-y>
- Żyżelewicz, D., Krysiak, W., Oracz, J., Sosnowska, D., Budryn, G., & Nebesny, E. (2016a). The influence of the roasting process conditions on the polyphenol content

in cocoa beans, nibs and chocolates. *Food Research International*, 89, 918–929.

<https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2016.03.026>

Żyżelewicz, D., Krysiak, W., Oracz, J., Sosnowska, D., Budryn, G., & Nebesny, E.


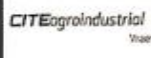

(2016b). The influence of the roasting process conditions on the polyphenol content

in cocoa beans, nibs and chocolates. *Food Research International*, 89, 918–929.

<https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2016.03.026>

ANEXO


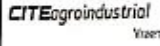
Anexo 2. Análisis sensorial de chocolate al 60 %.

	INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO : ANÁLISIS SENSORIAL -NTP 107.303:2018. EVALUACIÓN SENSORIAL LICOR DE CACAO - N°ASCP-001-2024							
CLIENTE								
RAZÓN SOCIAL	:	QUINTANA COLLAHUACHO, VANESSA						
RUC	:	10753502756						
DIRECCIÓN	:	AV. Andrés Bello Cáceres						
INFORMACIÓN DE LA MUESTRA								
CÓDIGO	:	ASCP-001						
CANTIDAD (g)	:	100.00						
PRESENTACIÓN	:	Bola bifaminada						
ORIGEN	:	Pichari Alto, Pichari, La Convención, Cusco						
PROCEDENCIA	:	Muestra proporcionada por el cliente						
VARIEDAD	:	VRAE 99						
FECHA Y LUGAR DEL ENSAYO								
RECEPCIÓN EN LABORATORIO	:	03/04/2024						
FECHA DE ENSAYO	:	04/04/2024						
LUGAR	:	CITEagroindustrial VRAEM (Laboratorio análisis físico-sensorial de cacao)						
DIRECCIÓN	:	Av. Universitaria S/N, Pichari Baja, La Convención, Cusco						
REFERENCIA SSIPRO								
NÚMERO	:	10836-1						
CÓDIGO MUESTRA DEL CLIENTE	:	VQC-01						
RESULTADO DE ENSAYO								
Jueces evaluadores	Aroma	Acidez	Amargor	Astringencia	Defectos	Sabor (cacao, dulce, nuez, frutas secas y frescas, floral y especias)	Pos gusto	Puntos de catador
Juez catador 1*	6	4	3	3	5	7	6	7
Juez catador 2								
Promedio	6	4	3	3	5	7	6	7
Evaluador	Descriptor					Gráfica radial		
Juez catador 1* Yamily Quispe Camacho	Aroma: herbal; acidez frutal-bufoica baja; amargor: apenas detectable; astringencia: apenas detectable; defectos: sobrefermento-butirico apenas detectable; sabor: pasas, caramelo, ligero herbal; posgusto: amargo ligero; puntos de catador: licor de cacao con problemas de fermentación.							
MÉTODOS DE ENSAYOS								
Parámetros					Norma de referencia			
Aroma, acidez amargor, astringencia, defectos, sabor (cacao, dulce, nuez, frutas secas, frutas frescas, floral, especias y otros)					Norma Técnica Peruana NTP 107.303:2018. Evaluación Sensorial Licor de cacao.			
NOTAS:								
Este informe no debe ser reproducido parcial o totalmente sin la aprobación por escrito del CITEagroindustrial VRAEM. La información contenida en este informe está basada en pruebas y observaciones realizadas por el laboratorio sobre las muestras ensayadas, por lo cual los resultados que se muestran sólo son validos para cada muestra tal como fue recibida, y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.								


 QUINTANA COLLAHUACHO, VANESSA
 RUC 10753502756


 YAMILY QUISPE CAMACHO
 Ingeniera en Industrias Alimentarias
 CIP N° 242585


Anexo 2. Análisis sensorial de chocolate al 70 %.

	INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO : ANÁLISIS SENSORIAL -NTP 107.303:2018. EVALUACIÓN SENSORIAL.LICOR DE CACAO - N°ASCP-002-2024	
---	---	---

CLIENTE	
RAZÓN SOCIAL	: QUINTANA COLLAHUACHO, VANESSA
RUC	: 10753502756
DIRECCIÓN	: AV. Andrés Avelino Cáceres
INFORMACIÓN DE LA MUESTRA	
CÓDIGO	: ASCP-002
CANTIDAD (g)	: 100.00
PRESENTACIÓN	: Bolsa bilaminada
ORIGEN	: Pichari Allo, Pichari, La Convención, Cusco
PROCEDENCIA	: Muestra proporcionada por el cliente
VARIEDAD	: VRAE 99
FECHA Y LUGAR DEL ENSAYO	
RECEPCIÓN EN LABORATORIO	: 03/04/2024
FECHA DE ENSAYO	: 08/04/2024
LUGAR	: CITEagroindustrial VRAEM (Laboratorio análisis físico-sensorial de cacao)
DIRECCIÓN	: Av. Universitaria S/N, Pichari Baja, La Convención, Cusco
REFERENCIA SSIPRO	
NÚMERO	: 10838-1
CÓDIGO MUESTRA DEL CLIENTE	: VQC-02

RESULTADO DE ENSAYO

Jueces evaluadores	Aroma	Acidez	Amargor	Astringencia	Defectos	Sabor (cacao, dulce, nuez, frutas secas y frescas, floral y especias)	Pos gusto	Puntos de catador
Juez catador 1*	7	5	4	4	1	8	6	7
Juez catador 2								
Promedio	7	5	4	4	1	8	6	7

Evaluador	Descriptores	Gráfica radial
Juez catador 1* Yamily Quispe Camacho	Aroma: chocolate bitter; acidez frutal-acética baja; amargor: presente; astringencia: presente; defectos:terroso apenas detectable; sabor: plátano, pasas, caramelo, ligero floral y especiado; posgusto: cítrico ligero; puntos de catador: muestra de licor de cacao limpio.	

MÉTODOS DE ENSAYOS

Parámetros	Norma de referencia
Aroma, acidez amargor, astringencia, defectos, sabor (cacao, dulce, nuez, frutas secas, frutas frescas, floral, especias y otros)	Norma Técnica Peruana NTP 107.303:2018. Evaluación Sensorial.Licor de cacao.


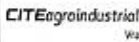
NOTAS:

Este informe no debe ser reproducido parcial o totalmente sin la aprobación por escrito del CITEagroindustrial VRAEM. La información contenida en este informe está basada en pruebas y observaciones realizadas por el laboratorio sobre las muestras ensayadas, por lo cual los resultados que se muestran sólo son válidos para cada muestra tal como fue recibida, y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.


 QUINTANA COLLAHUACHO, VANESSA
 RUC 10753502756


 YAMILY QUISPE CAMACHO
 Ingeniera en Industrias Alimentarias
 CIP N° 242585

Anexo 3. Análisis sensorial de chocolate al 80 %.

	INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO : ANÁLISIS SENSORIAL -NTP 107.303:2018. EVALUACIÓN SENSORIAL LICOR DE CACAO - N°ASCP-003-2024	
---	---	---

CLIENTE		:	QUINTANA COLLAHUACHO, VANESSA
RAZÓN SOCIAL		:	QUINTANA COLLAHUACHO, VANESSA
RUC		:	10753502756
DIRECCIÓN		:	AV. Andrés Bello Cáceres
INFORMACIÓN DE LA MUESTRA			
CÓDIGO		:	ASCP-003
CANTIDAD (g)		:	100.00
PRESENTACIÓN		:	Bolsa bleminada
ORIGEN		:	Pichari Alto, Pichari, La Convención, Cusco
PROCEDENCIA		:	Muestra proporcionada por el cliente
VARIEDAD		:	VRAE 89
FECHA Y LUGAR DEL ENSAYO			
RECEPCIÓN EN LABORATORIO		:	03/04/2024
FECHA DE ENSAYO		:	05/04/2024
LUGAR		:	CITEagroindustrial VRAEM (Laboratorio análisis físico-sensorial de cacao)
DIRECCIÓN		:	Av. Universitaria S/N, Pichari Baja, La Convención, Cusco
REFERENCIA SSIPRO			
NÚMERO		:	10837-1
CÓDIGO MUESTRA DEL CLIENTE		:	VQC-03

RESULTADO DE ENSAYO

Jueces evaluadores	Aroma	Acidez	Amargor	Astringencia	Defectos	Sabor (cacao, dulce, nuez, frutas secas y frescas, floral y especias)	Pos gusto	Puntos de catador
Juez catador 1*	7	6	3	3	0	8	7	7.5
Juez catador 2								
Promedio	7	6	3	3	1	8	7	7.5

Evaluador	Descriptor	Gráfica radial
-----------	------------	----------------

Juez catador 1*
Yamily Quispe Camacho

Aroma: chocolate bitter y panela; acidez frutal-cítrica presente; amargor: apenas detectable; astringencia: apenas detectable; defectos: muestra limpia; sabor: plátano, chirimoya higo-pasas, anuezado, caramelo y floral; posgusto: cítrico ligero; puntos de catador: muestra de licor de cacao limpia y con buen perfil sensorial.



MÉTODOS DE ENSAYOS

Parámetros	Norma de referencia
Aroma, acidez amargor, astringencia, defectos, sabor (cacao, dulce, nuez, frutas secas, frutas frescas, floral, especias y otros)	Norma Técnica Peruana NTP 107.303:2018. Evaluación Sensorial Licor de cacao.

NOTAS:

Este informe no debe ser reproducido parcial o totalmente sin la aprobación por escrito del CITEagroindustrial VRAEM. La información contenida en este informe está basada en pruebas y observaciones realizadas por el laboratorio sobre las muestras ensayadas, por lo cual los resultados que se muestran sólo son válidos para cada muestra tal como fue recibida, y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.


 QUINTANA COLLAHUACHO, VANESSA
 RUC 10753502756


 YAMILY QUISPE CAMACHO
 Ingeniera en Industrias Alimentarias
 CIP N° 242585

Anexo 4. Prueba de corte del cacao VRAE-99. En el laboratorio de análisis físico del CITEproductivo VRAEM.



Anexo 5. Limpieza y desinfección de la descascarilladora de cacao.



Anexo 6. Codificación de las muestras de chocolates de 60%, 70% y 80% cacao y evaluación sensorial.



Nota. chocolates de diferentes porcentajes de cacao (A), codificación de los chocolates (B), baño maría de la muestra a evaluar (C), control de temperatura (D), evaluación de según formato de análisis sensorial (E), evaluación sensorial (F).

Anexo 7. Preparación de muestra para el análisis experimental.



Nota. chocolate al 80 % cacao (A), preparación de muestra (B), barras de pasta de cacao 500 g (C), muestra para análisis de ácidos grasos (D).

**UNSCH**FACULTAD DE INGENIERÍA
**QUÍMICA Y
METALURGIA****ACTA DE SUSTENCIÓN DE LA TESIS:****Perfil del ácido graso del cacao (*Theobroma cacao* L.) VRAE-99 y características físico-químicas del chocolate con diferentes porcentajes de cacao****Expositora: Vanessa Quintana Collahuacho****Bachiller en Ingeniería Industrias Alimentarias****Expediente N° 2530277****Resolución Decanal N° 068-2025-UNSCH-FIQM/D****Fecha: 08-07-2025**

En la Sala de Conferencia "Pedro Villena Hidalgo" de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, ubicada en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (H-121), siendo las diez de la mañana con cinco minutos del día miércoles nueve de julio del año dos mil veinticinco, se reunieron la Bachiller en Ingeniería en Industrias Alimentarias **Vanessa Quintana Collahuacho**, los Docentes Miembros del Jurado de Sustentación Ingenieros: Dr. Saúl Ricardo CHUQUI DIESTRA, Mg. Julio Pablo GODENZI VARGAS (Miembros) y Dr. Alberto Luis HUAMANI HUAMANI (Miembro-Asesor), bajo la Presidencia del Dr. Alfredo ARIAS JARA (encargado como Decano con Memorando N° 311-2025-UNSCH-FIQM/D), el Mg. Fredy Rober PARIONA ESCALANTE (Secretario-Docente).

Acto seguido, el Presidente (e) del Jurado de Sustentación dispuso que el Secretario Docente dé lectura a los antecedentes tramitados para el presente Acto Público de Sustentación de la Tesis: **Perfil del ácido graso del cacao (*Theobroma cacao* L.) VRAE-99 y características físico-químicas del chocolate con diferentes porcentajes del cacao**, presentado por la Bachiller **Vanessa Quintana Collahuacho**. A continuación, el Secretario-Docente procedió a dar lectura a la Resolución Decanal N° 068-2025-UNSCH-FIQM/D.

Luego, el Presidente (e) del Jurado invitó a la Bachiller **Vanessa Quintana Collahuacho**, a pasar al estrado y exponer su trabajo de Tesis en un tiempo máximo de treinta y cinco minutos.

Finalizado la exposición de la Bachiller, el presidente (e) invitó a los Señores Miembros del Jurado de Sustentación a que formulen sus preguntas y señalen sus observaciones, en el siguiente orden: Dr. Alberto Luis HUAMANI HUAMANI (Miembro-Asesor), Mg. Julio Pablo GODENZI VARGAS y Dr. Saúl Ricardo CHUQUI DIESTRA (Miembros).

A continuación, el presidente (e) del jurado invitó al sustentante y al público para que se sirva abandonar la sala de conferencia con la finalidad de permitir al jurado de sustentación deliberar sobre la evaluación a otorgar. Se alcanzó el siguiente resultado. **APROBADA POR UNANIMIDAD PROMEDIO DIECISEIS (16)**.

FACULTAD DE INGENIERÍA
QUÍMICA Y METALURGIA
Av. Independencia s/n
Ciudad Universitaria



UNSCH

FACULTAD DE INGENIERÍA
**QUÍMICA Y
METALURGIA**

ACTA DE SUSTENCIÓN DE LA TESIS:

Perfil del ácido graso del cacao (Theobroma cacao L.) VRAE-99 y características físico-químicas del chocolate con diferentes porcentajes de cacao

Expositora: Vanessa Quintana Collahuacho
Bachiller en Ingeniería Industrias Alimentarias

Expediente N° 2530277

Resolución Decanal N° 068-2025-UNSCH-FIQM/D

Fecha: 08-07-2025


Finalmente, el Presidente (e) del Jurado dispuso que se invite a la Sustentante y al público asistente a que se sirvan ingresar a la sala de conferencias y anunció que, la Bachiller **Vanessa Quintana Collahuacho**, ha resultado **APROBADA POR UNANIMIDAD**, y por lo tanto a partir de la fecha la Universidad y la Facultad cuenta con una flamante **INGENIERA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS** y le augura éxitos en su desempeño profesional.

Siendo las doce del medio día con quince minutos se dio por finalizado este acto académico de Sustentación de Tesis. En fe de lo cual firmamos:


.....
Dr. Alfredo ARIAS JARA
Presidente (e)


.....
Dr. Saúl Ricardo CHUQUI DIESTRA
Miembro


.....
Mg. Julio Pablo GODENZI VARGAS
Miembro


.....
Dr. Alberto Luis HUAMANI HUAMANI
(Miembro-Asesor)


.....
Mg. Fredy Rober PARIONA ESCALANTE
(Secretario Docente)

FACULTAD DE INGENIERÍA
QUÍMICA Y METALURGIA
Av. Independencia s/n
Ciudad Universitaria



CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El Director de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, hace CONSTAR:

Que, la Srta. **Bach. Vanessa QUINTANA COLLAHUACHO**, egresada de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias ha remitido, con el aval y por intermedio de su asesor **Dr. Alberto Luis HUAMANI HUAMANI**, la Tesis: **Perfil del ácido graso del cacao (*Theobroma cacao* L.) VRAE-99 y características físico-químicas del chocolate con diferentes porcentajes de cacao**, y se precisa con el Informe de Originalidad de Turnitin, que el índice de similitud del trabajo es de 22% y que se ha generado el Recibo digital que confirma el Depósito que el trabajo ha sido recibido por Turnitin con fecha agosto 04 de 2025 e Identificador de la Entrega N° **2725137372**.

Se expide la presente, para los fines pertinentes.

Ayacucho, 04 de agosto del 2025.


Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga
Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia
EP Ingeniería en Industrias Alimentarias
.....
Dr. Alberto L. HUAMANI HUAMANI
DIRECTOR

c.c. : Archivo.
Constancia N° 061

Perfil del ácido graso del cacao (Theobroma cacao L.) VRAE- 99 y características físico-químicas del chocolate con diferentes porcentajes de cacao

por VANESSA QUINTANA COLLAHUACHO

Fecha de entrega: 04-ago-2025 06:36a. m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2725137372

Nombre del archivo: 5.TESIS_RECORTADA_VANESSA.pdf (1.76M)

Total de palabras: 14516

Total de caracteres: 75919

Perfil del ácido graso del cacao (Theobroma cacao L.) VRAE- 99 y características físico-químicas del chocolate con diferentes porcentajes de cacao

INFORME DE ORIGINALIDAD

22%

INDICE DE SIMILITUD

21%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

hdl.handle.net

Fuente de Internet

3%

2

repositorio.unsch.edu.pe

Fuente de Internet

3%

3

cgspace.cgiar.org

Fuente de Internet

2%

4

Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga

Trabajo del estudiante

2%

5

repositorio.uncp.edu.pe

Fuente de Internet

2%

6

unipaz.edu.co

Fuente de Internet

2%

7

adnchocolate.com.ar

Fuente de Internet

1%

8

www.scielo.org.co

Fuente de Internet

1%

9

revistas.unsm.edu.pe

Fuente de Internet

1%

10

www.scielo.org.pe

Fuente de Internet

1%

11	Fuente de Internet	1%
12	repository.javeriana.edu.co Fuente de Internet	1%
13	vdocuments.com.br Fuente de Internet	<1%
14	es.scribd.com Fuente de Internet	<1%
15	Ferri, Luiz Gustavo Ferreira. "Biscoitos Fortificados com Fibra Dietética Proveniente de Bio-Resíduos de Cogumelos", Instituto Politécnico de Bragança (Portugal), 2024 Publicación	<1%
16	idoc.pub Fuente de Internet	<1%
17	vsip.info Fuente de Internet	<1%
18	www.scielo.br Fuente de Internet	<1%
19	Flores March, Nieves Maria. "Comparación del perfil de ácidos grasos (ESI-MS y RMN) y el contenido de metilxantinas (HPLC-DAD) en granos de Theobroma cacao de siete regiones del Perú", Pontificia Universidad Católica del Perú - CENTRUM Católica (Perú), 2020 Publicación	<1%
20	Eraci Drehmer Rieger. "Estudio comparativo de aceite de oliva y maíz sobre el metabolismo oxidativo de rata", Universitat Politècnica de València, 2007 Publicación	<1%

21

www.revistas.unitru.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

22

Ying Gong. "Supercritical CO2 extraction of oleoresin from marigold (*Tagetes erecta* L.) flowers and determination of its antioxidant components with online HPLC-ABTS•+ assay", *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 12/2011

Publicación

<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo