

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



“PERFIL SENSORIAL RATE-ALL-THAT-APPLY-RATA (puntuá todo lo que aplica) Y CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y MECANICAS DEL CHOCOLATE BASADO EN DIFERENTES PROPORCIONES DE CACAO BLANCO”

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Autor : Bach. Mily Esther Vargas Medina

Asesor : Ing. Mg. Sc. James Euler Villar Estrada

Línea de investigación: Desarrollo y caracterización de productos (LI_IIA_02)

JAÉN – PERÚ, JULIO, 2024



NOMBRE DEL TRABAJO

PERFIL SENSORIAL RATE-ALL-THAT-AP
PLYRATA (puntuá todo lo que aplica) Y C
ARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICA

AUTOR

Mily Esther Vargas Medina

RECUENTO DE PALABRAS

10275 Words

RECUENTO DE CARACTERES

59967 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

55 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

798.1KB

FECHA DE ENTREGA

Jul 12, 2024 12:14 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jul 12, 2024 12:15 PM GMT-5

● 12% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 10% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 10% Base de datos de trabajos entregados
- 5% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Fuentes excluidas manualmente
- Coincidencia baja (menos de 15 palabras)

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Dr. Alexander Huamán Mera
Responsable de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias



FORMATO 03: ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 26 de julio del año 2024, siendo las 10:00 horas, se reunieron los integrantes del

Jurado:

Presidente: Dr. Hubert Luzdemio Arteaga Miñano

Secretario: Dr. Juan Dario Rios Mera

Vocal: Mg. Annick Estefany Huaccha Castillo, para evaluar la Sustentación de:

- () Trabajo de Investigación
- (X) Tesis
- () Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado: "PERFIL SENSORIAL RATE-ALL-THAT-APPLY-RATA (puntuá todo lo que se aplica) Y CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y MECÁNICAS DEL CHOCOLATE BASADO EN DIFERENTES PROPORCIONES DE CACAO BLANCO", presentado por la tesista **Mily Esther Vargas Medina** de la Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias.

Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

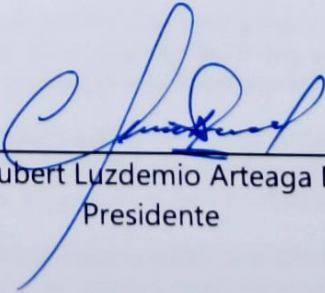
(X) Aprobar () Desaprobar (X) Unanimidad () Mayoría

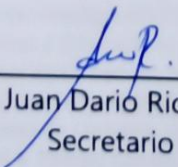
Con la siguiente mención:

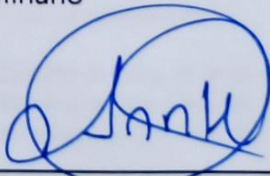
- a) Excelente 18, 19, 20 ()
- b) Muy bueno 16, 17 ()
- c) Bueno 14, 15 (15)
- d) Regular 13 ()
- e) Desaprobado 12 ó menos ()

Siendo las 11:12 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.

Jaén, 26 de julio de 2024


Dr. Hubert Luzdemio Arteaga Miñano
Presidente


Dr. Juan Dario Rios Mera
Secretario


Mg. Annick Estefany Huaccha Castillo
Vocal

ÍNDICE

	pág
RESUMEN	8
ABSTRACT	9
I. INTRODUCCIÓN	10
II. MATERIALES Y MÉTODOS	13
2.1. Materia prima: obtención del cacao	13
2.2. Materiales y equipos.....	13
2.3. Formulación del chocolate	13
2.3.1. Elaboración del chocolate.....	14
2.4.1. Características fisicoquímicas del chocolate: pH, humedad y actividad de agua.....	18
2.4.2. Características mecánicas: firmeza y tenacidad de la textura instrumental del chocolate	18
2.4.3. Evaluación de las características sensoriales: Escala hedónica y RATA .	19
2.4.4. Análisis estadístico para las cuatro formulaciones de chocolate	22
III. RESULTADOS.....	23
3.1. Características fisicoquímicas (Aw, Humedad, pH) de las cuatro formulaciones de chocolate	23
3.2. Características mecánicas firmeza y tenacidad de la textura instrumental del chocolate de las cuatro formulaciones	24
3.3. Perfil sensorial de las cuatro formulaciones de chocolate.....	25
3.3.1. Desarrollo del léxico sensorial de las cuatro formulaciones del chocolate ..	25
3.3.2. Análisis de las características sensoriales: Escala hedónica y RATA.....	28
IV. DISCUSIÓN	32
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	37
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39
DEDICATORIA	46
AGRADECIMIENTO	46
ANEXOS	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Formulaciones que se utilizaron en la elaboración del chocolate al 65 %.....	14
Tabla 2. Léxico sensorial obtenido de los consumidores por atributo	27
Tabla 3. Resultado de atributos sensoriales de las cuatro formulaciones del chocolate.	29
Tabla 4. Tabla ANOVA para tenacidad por fórmula	49
Tabla 5. Pruebas de Múltiples Rangos para tenacidad por fórmula.....	49
Tabla 6. Tabla ANOVA para firmeza por fórmula	51
Tabla 7. Pruebas de Múltiples Rangos para firmeza por fórmula	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de flujo para la elaboración de chocolate basado en cacao blanco.	15
Figura 2. Ficha para el desarrollo del léxico sensorial de las cuatro formulaciones del chocolate.....	20
Figura 3. Gráfica de dispersión de las edades de los participantes.....	21
Figura 4. Características fisicoquímicas de los cuatro chocolates formulados (A_w , humedad y pH).	23
Figura 5. Resultados de la textura instrumental de las cuatro formulaciones del chocolate	24
Figura 6. Ficha de evaluación de las características sensoriales desarrollada.....	26
Figura 7. Resultados de la escala hedónica	30
Figura 8. Tostado del cacao.....	53
Figura 9. Descascarillado del cacao	53
Figura 10. Molido del cacao	54
Figura 11. Conchado de la pasta de cacao	54
Figura 12. Temperado del chocolate.....	54
Figura 13. Moldeado y refrigerado del chocolate.....	55
Figura 14. Producto terminado chocolate	55
Figura 15. Producto envasado y almacenado chocolate	55
Figura 16. Evaluación sensorial Rata para el léxico sensorial con 12 consumidores.....	56
Figura 17. Evaluación RATA con 112 consumidores	57
Figura 18. Análisis de Actividad de agua (A_w) del chocolate	58
Figura 19. Análisis de humedad del chocolate	58
Figura 20. Análisis del potencial de hidrógeno (pH) del chocolate.....	58
Figura 21. Tenacidad y firmeza del chocolate.....	59

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Consentimiento libre e informado para la evaluación de las cuatro formulaciones del chocolate.....	47
Anexo 2. ANOVA para tenacidad del chocolate.....	49
Anexo 3. ANOVA para firmeza del chocolate.....	51
Anexo 4. Evidencias de la elaboración del chocolate.....	53
Anexo 5. Evidencias de la evaluación sensorial con 12 consumidores.....	56
Anexo 6. Evidencias de la evaluación sensorial con 112 consumidores.....	57
Anexo 7. Evidencias de las características fisicoquímicas.....	58
Anexo 8. Evidencia del análisis de textura instrumental del chocolate.....	59

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo desarrollar chocolate basado en cacao blanco, caracterizando las propiedades fisicoquímicas, mecánicas y sensoriales con la técnica Rate-all-that-apply-RATA. Para ello se desarrollaron cuatro formulaciones, variando las proporciones de cacao blanco y morado (tipo trinitario). Tras la obtención de los chocolates, se llevó a cabo la caracterización sensorial mediante la técnica Rate-all-that-apply-RATA en conjunto con escala hedónica, se midió las características fisicoquímicas (A_w , humedad y pH) y mecánicas (textura instrumental). De acuerdo con los resultados, la formulación 4 (37% de pasta de cacao blanco, 18% de pasta de cacao trinitario, 10% de manteca de cacao, 35% de azúcar blanca) obtuvo una mayor aceptabilidad sensorial en los atributos de sabor, aroma, textura y apariencia del chocolate. Por otro lado, estas formulaciones resultaron ser representativas en cuanto a los atributos como "sabor dulce", "grasoso", "sabor ácido", "característico a cacao" y "brillante", cabe resaltar que para los consumidores la aceptabilidad está relacionada directamente con los atributos sensoriales.

Palabras claves: Cacao blanco, RATA, textura instrumental.

ABSTRACT

The objective of the research was to develop chocolate based on white cocoa, characterizing the physicochemical, mechanical and sensory properties with the Rate-all-that-apply-RATA technique. For this purpose, four formulations were developed, varying the proportions of white and purple cocoa (trinitario type). After obtaining the chocolates, sensory characterization was carried out using the Rate-all-that-apply-RATA technique in conjunction with the hedonic scale, and the physicochemical (A_w , humidity and pH) and mechanical (instrumental texture) characteristics were measured. According to the results, formulation 4 (37% white cocoa paste, 18% trinitario cocoa paste, 10% cocoa butter, 35% white sugar) obtained a higher sensory acceptability in the attributes of flavor, aroma, texture and appearance of chocolate. On the other hand, these formulations proved to be representative in terms of attributes such as “sweet flavor”, “fatty”, “acid flavor”, “cocoa characteristic” and “shiny”, it should be noted that for consumers, acceptability is directly related to sensory attributes.

Key words: white cocoa, RATA, instrumental textura.

I. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de nuevos productos y su calidad va a estar condicionado con la calidad de la materia prima, insumos y procesos. En caso del chocolate, las características sensoriales están influenciadas por los ingredientes utilizados junto a los granos de cacao (*Theobroma cacao* L.). Por dar un ejemplo, el sabor amargo del chocolate estaría condicionado al contenido de alcaloides y polifenoles (Pelsmaecker *et al.*, 2019). Así mismo, la composición del cacao podría estar condicionado por factores climáticos (altitud, humedad relativa, latitud, vientos predominantes y relieve), agrícolas (clima, tecnología, políticas públicas, capital humano y mercado) y de poscosecha (temperatura, humedad relativa, transporte, etc.) (de Souza *et al.*, 2018).

En este contexto, Perú es uno de los países más biodiversos, también es reconocido como un centro de diversificación del cacao. Se sabe que el cacao fue domesticado por primera vez hace alrededor de unos 5300 años por la cultura Moche-Chinchipec-Marañón en el sur de la Amazonia ecuatoriana y el norte de Perú (Olivera-Núñez , 2018; Zarrillo *et al.*, 2018), y luego fue introducido en Mesoamérica y fue domesticado por olmecas y mayas hace 3000 a 4000 años (Henderson *et al.*, 2007; Powis *et al.*, 2011); tradicionalmente se dividió el cacao en tres grupos: Criollo, Forastero y Trinitario (Cheesman 1944), pero hasta ahora los estudios moleculares han identificado 10 grupos genéticos, incluido el Nacional (Motamayor *et al.*, 2008) Nacional es un grupo genético que incluye Nacional de Ecuador y blanco de Piura de la costa norte de Perú (Arevalo-Gardini *et al.*, 2019), y se originó a partir del cacao domesticado por primera vez por la cultura Moche-Chinchipec-Marañón (Loor *et al.*, 2012).

La variedad de cacao blanco, que es una variedad especial de cacao ha sido conservada mayormente en las provincias de Huancabamba y Morropon en el departamento de Piura (Salvador *et al.*, 2012). Sin embargo, también se tiene conocimiento de su conservación en Cajamarca, San Martín, Cuzco, Amazonas (Romero, 2016). Como centros de origen y domesticación del cacao, América del Sur y Central albergan una amplia diversidad genética, pero esta es en gran medida subutilizada y amenazada por la introducción de

un conjunto limitado de genotipos no nativos altamente productivos (Ceccarelli *et al.*, 2022). Sudamérica todavía tiene una alta diversidad de cacao nativo fino o de sabor como el Nacional en Ecuador y el blanco de Piura y Chuncho en Perú, pero estos cultivares locales están siendo reemplazados cada vez más por CCN-51, un híbrido desarrollado en Ecuador con alta productividad, pero no considerado fino ni de sabor (MINAGRI, 2016; Wiegel *et al.*, 2020). Esto implica una necesidad de poder valorizar estos recursos principalmente con la finalidad de incrementar su comercialización y también añadiendo valor agregado.

Empíricamente se conoce que el cacao blanco de Piura es muy demandado por muchas empresas chocolateras, esto debido principalmente a que se le atribuye un aroma muy fino. El cacao fino o cacao de aroma puede diferenciarse del cacao a granel por sus perfiles de sabor que incluyen notas afrutadas, florales, herbáceas, amaderadas, de nuez y caramelo, así como por bases de chocolate ricas y equilibradas; sin embargo, apenas solo representa menos del cinco por ciento del mercado mundial total de cacao comercializado (Putri *et al.*, 2024).

Para validar estas y otras características relacionadas con el sabor, se podría emplear métodos sensoriales descriptivos, con panelistas entrenados; sin embargo, estos métodos se emplean con un amplio uso de tiempo, personal calificado y recursos financieros; por lo que, como alternativa, existe una tendencia hacia el empleo de nuevos métodos modernos que emplean consumidores para describir las características sensoriales, permiten la creación de perfiles sensoriales rápidos, como check-all-that-apply (CATA), y rate-all-that-apply (RATA), los que se aplican para describir un producto y caracterizarlo sensorialmente. Estos métodos emplean consumidores para obtener características sensoriales, como perfiles de productos alimenticios (Varela y Ares, 2012). El método RATA, es una variante basada en la intensidad de CATA (Oppermann *et al.*, 2017), desarrollada por (Ares *et al.*, 2014), que consiste en pedir a los consumidores que indiquen si los términos listados son identificados, esta respuesta binaria basada CATA fue mejorada al acoplar cada pregunta a escalas de intensidad (por ejemplo: 3, 5, 7 o 15 puntos) (Franco *et al.*, 2016; Meyners *et al.*, 2016). En este sentido, el método

RATA tiene el potencial de ser una herramienta sensorial rápida que satisface varias necesidades en la industria. En primer lugar, al basarse en una lista predefinida de atributos, los atributos RATA se pueden adaptar para describir errores clave de producción, lo cual es importante en las aplicaciones de control de calidad. Donde la calificación con RATA aumenta el poder de discriminación, lo cual es relevante cuando se trabaja con paneles pequeños o cuando las diferencias sensoriales entre las muestras de prueba son sutiles (Giacalone y Hedelund, 2016). En un estudio previo, se evaluaron siete tipos de chocolates, los resultados mostraron que el método RATA tiene potencial como herramienta de evaluación sensorial, siendo eficiente en su aplicación y que también fue capaz de detectar desviaciones sensoriales significativas, como el exceso de lecitina y el tostado prolongado (Waehrens *et al.*, 2016).

Teniendo en cuenta que potencialmente la opinión de los consumidores determina el éxito o el fracaso de un producto en el mercado, es de suma importancia comprender los factores que afectan sus patrones de comportamiento (Martins *et al.*, 2021). Bajo este enfoque, el presente proyecto tuvo como objetivo general desarrollar chocolate basado en cacao blanco, caracterizando las propiedades fisicoquímicas, mecánicas y sensoriales con la técnica Rate-all-that-apply-RATA., para ello se plantearon tres objetivos específicos, i) evaluar las características fisicoquímicas (A_w , pH, humedad), y mecánicas (textura instrumental) de las cuatro formulaciones de chocolate., ii) Desarrollar un vocabulario sensorial RATA con consumidores, y elaborar una ficha sensorial en conjunto con la escala hedónica, y iii) Medir la aceptabilidad de las cuatro formulaciones de chocolate mediante escala hedónica, junto con la intensidad de los atributos sensoriales percibidos, con consumidores.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Materia prima: obtención del cacao

Las muestras de cacao, fueron colectadas en el departamento de Piura, y adquiridas de la Cooperativa Agraria Norandino, quienes realizaron los procesos de fermentado y secado de los granos. Los granos secos fueron entonces transportados hasta la Universidad Nacional de Jaén, para su procesamiento.

Los aditivos e insumos empleados durante el procesamiento fueron todos de grado alimentario y típicamente aplicados ampliamente en la agroindustria cacaotera como azúcar blanca y manteca de cacao (marca “Ango”).

2.2. Materiales y equipos

Todo material y utensilios empleados durante en el procesamiento del chocolate fue compatible con alimentos (moldes, colador, empaque, tamiz, papel aluminio, tina grande de aluminio, etc.). Las máquinas y equipos utilizados también fueron de acero inoxidable compatibles con alimentos tostador (Nacional, peruana), descascarillador (Nacional, peruana), molino (Dakota BL140-2.2, de piedra, EE. UU), conchadora (CocoaT 12SLTA ECGC-12SLTA Melanger, de piedra, china), sellador (Samwin, peruana), balanza electrónica (Cosmos innovation, peruana) refrigeradora (Premier, peruana). Durante los análisis se emplearon equipos en buen estado, junto con, materiales y reactivos de grado analítico.

2.3. Formulación del chocolate

La materia prima e insumos empleados, fueron dispuestos de acuerdo con la Tabla 1, la que detalla las proporciones de cada formulación. Basándose en las muestras de cacao blanco y trinitario. Las proporciones de los insumos para la elaboración del chocolate se realizaron basados en pruebas preliminares y al conocimiento empírico (Tabla 1). Estas formulaciones implican utilizar 55% de pasta de cacao, 10% de manteca de cacao y 35% de azúcar. Estos porcentajes fueron determinados cuidadosamente para lograr el equilibrio de sabor, textura y calidad en el chocolate final. La pasta de cacao aporta el sabor característico del chocolate, la manteca de cacao proporciona la suavidad y la textura deseada, mientras que el azúcar contribuye a la dulzura y la consistencia adecuada.

Tabla 1. Formulaciones que se utilizaron en la elaboración del chocolate al 65 %.

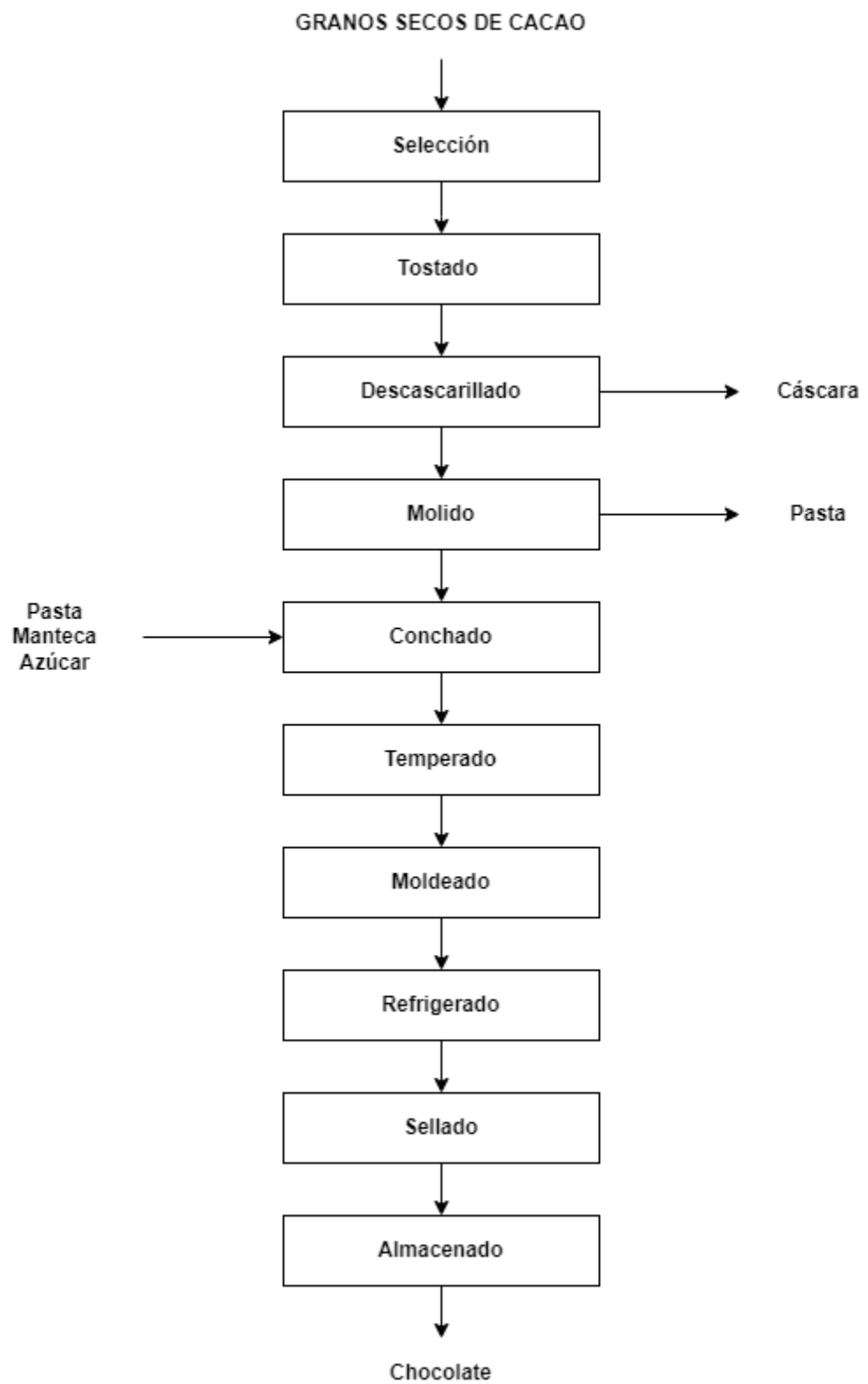
Formulaciones	Insumos	Porcentaje (%) en la formulación
F1- Formulación 1 (control)	Pasta de cacao trinitario	55
	Manteca de cacao	10
	Azúcar refinada blanca	35
	Total	100
F2 – Formulación 2	Pasta de cacao blanco	55
	Manteca de cacao	10
	Azúcar refinada blanca	35
	Total	100
F3 - Formulación 3	Pasta de cacao trinitario	37
	Pasta de cacao blanco	18
	Manteca de cacao	10
	Azúcar refinada blanca	35
	Total	100
F4 - Formulación 4	Pasta de cacao blanco	37
	Pasta de cacao trinitario	18
	Manteca de cacao	10
	Azúcar refinada blanca	35
	Total	100

Nota: Las proporciones en la formulación fueron realizadas en función a la masa en porcentaje (65%).

2.3.1. Elaboración del chocolate

Los granos de cacao se procesaron de acuerdo con el diagrama de bloques de la figura 1:

Figura 1. Diagrama de flujo para la elaboración de chocolate basado en cacao blanco.



Selección: granos de cacao secos, fueron recepcionados y seleccionados para eliminar las impurezas y posibles granos en mal estado.

Tostado: granos seleccionados de cacao fueron ingresados a la máquina tostadora (marca Nacional), en lotes de siete kilos (por batch), esto a una temperatura de 90 °C por diez minutos, luego de ello se retiró el grano del tostador a una rejilla donde se enfrió por diez minutos.

Descascarillado: granos tostados fueron ingresados al descascarillador (marca Nacional) en lotes de siete kilogramos por la parte superior de la máquina, mediante una operación mecánica, donde este pasa por un rodillo horizontal y cónico; teniendo un embudo para por medio de fricción triturar y eliminar la cáscara. Finalmente, lo triturado cae y un ventilador por medio de una dirección y velocidad programada separa la cáscara y los nibs de cacao.

Molido: los nibs fueron triturados en un molino de granos húmedos con disco de piedra (Dakota BL140-2.2) a 2800 rpm, obteniendo como tal la pasta de cacao.

Conchado: este proceso fue realizado por 24 horas en una conchadora (Cocoatown), donde los insumos, como la manteca, la pasta cacao y el azúcar fueron mezclados mediante transferencia de movimiento constante de 120 rpm y una temperatura constante (50 °C). Al finalizar el proceso, el tamaño de partícula de referencia fue aproximadamente de 20 micras.

Temperado: Posterior al conchado, el chocolate fue enfriado por un periodo de 10 minutos hasta 35 °C, ya que esto es crucial para obtener una buena tableta de chocolate.

Moldeado: fue realizado a 35 °C, ya que esa es la temperatura adecuada para poder moldear el chocolate; a una temperatura mayor o menor a 35 °C, el chocolate tiende a formar grumos; por tanto, pierde calidad.

Refrigerado: dentro de los moldes, el chocolate fue llevado hasta una temperatura de refrigeración (18 °C), manteniéndose a esta temperatura por cinco minutos, con el fin de mejorar el brillo de las tabletas, y este no tienda a quebrarse al momento de desmoldear el chocolate.

Sellado: después de las 12 horas de refrigeración los chocolates son retirados de la refrigeradora para ser sellados.

Almacenado: finalmente los chocolates fueron almacenados a una temperatura de 16 °C

2.4. Métodos, técnicas, procedimientos e instrumentos de recolección de datos

2.4.1. Características fisicoquímicas del chocolate: pH, humedad y actividad de agua

En las características fisicoquímicas se determinó lo siguiente:

- **Actividad de agua (Aw)**

Parte de las muestras molidas para el análisis de humedad fueron colocadas en un recipiente de plástico calibrado, para la determinación de actividad de agua, se realizó el cierre, el quipo calibró la temperatura a 25 °C y realizó la medición de Aw hasta alcanzar el equilibrio. Esto mediante el equipo Aqualab (AQUALAB, 4 TEV) a una temperatura constante de 25 °C (Mishra *et al.*, 2024).

- **Humedad**

Las muestras del chocolate fueron molidas mediante un mortero hasta obtener un tamaño homogéneo, posteriormente se tomó una muestra de 1,0 gramo, y se sometió a una temperatura de 110 °C, la humedad de los granos se evaluó en función de la pérdida de peso medida con una balanza automática por tres minutos, en una balanza de humedad (ADAM, PMB 53), de acuerdo con (García-Alamilla *et al.*, 2007), con adaptaciones experimentales.

- **Potencial de hidrógeno (pH)**

Para la determinación del pH se realizaron mediciones para cada formulación. La tableta de chocolate fue molida mediante un mortero y diluida en agua destilada (1: 10), esta mezcla fue homogeneizada mediante un agitador magnético a 30 °C por dos minutos, para posteriormente medir el pH (25 °C) mediante un potenciómetro digital (Metrohm, 913) previamente calibrado, de acuerdo con (Joaquin *et al.*, 2021), con adaptaciones experimentales.

2.4.2. Características mecánicas: firmeza y tenacidad de la textura instrumental del chocolate

Los parámetros del análisis de tenacidad y firmeza se determinaron utilizando un analizador de textura Stable Micro Systems TA HD Plus. Las condiciones de la prueba fueron las siguientes: velocidad del test 2,00 mm/sec, celda de

carga 100 kg, distancia de deformación (target mode) 15 mm, probeta Blade set with wartner bratzler (HDP/BSW) guillotina; evaluando tenacidad (propiedad que hace que un objeto pueda soportar impactos sin romperse) y firmeza (fuerza máxima a una distancia en un ciclo de compresión). El registro de datos y el análisis de tenacidad y firmeza se realizaron en el software Texture Expert. Las muestras analizadas fueron cortadas en cuadrados de 6 cm x 6 cm y con un espesor de 5 mm. Finalmente, los parámetros de textura se midieron en réplicas por triplicado.

2.4.3. Evaluación de las características sensoriales: Escala hedónica y RATA

Con el fin de elaborar un léxico sensorial adecuado, que nos permita estimar los atributos sensoriales, se presentó una ficha de evaluación (figura 2). En esta ficha, por medio de 12 consumidores habituales de chocolate se debía describir cuatro características del chocolate por cada atributo sensorial (aroma, sabor, textura y apariencia). Estos consumidores fueron reclutados mediante una encuesta realizada en redes sociales (Facebook), y la participación fue voluntaria. Se consideró la frecuencia de consumo de chocolate, seleccionando a aquellos que lo consumían al menos tres veces por semana. La selección de los 12 consumidores contribuyó a generar un lenguaje sensorial para poder describir el chocolate desde la perspectiva del consumidor, esta forma de selección fue realizada empíricamente por medio de recomendaciones de (Saldaña, 2023).

Antes de comenzar con la sesión para desarrollar el vocabulario sensorial, se dio instrucciones de 10 minutos a los consumidores aceptados, con el fin de familiarizar a los participantes respecto del cuestionario, luego los consumidores dieron su consentimiento por escrito y finalmente las muestras fueron presentadas monádicamente a los consumidores.

Las palabras seleccionadas y descritas para determinar el atributo, fueron tabuladas en una planilla Excel (tabla 2), para luego seleccionar aquellas palabras con más frecuencia de mención. Además de las más mencionadas, el investigador puede incluir términos de interés personal o extraídos de la literatura científica. Finalmente se obtuvo una lista de atributos con el cual se realizó la ficha RATA y escala hedónica (Saldaña, 2022). En la figura 2 se muestra la ficha de evaluación presentada a los consumidores. La lista de

atributos obtenidos en este estudio preliminar se especificó en la ficha sensorial de atributos (figura 6). Basándonos en los atributos obtenidos en función a las dimensiones evaluadas (aroma, sabor, textura, apariencia).

Figura 2. *Ficha para el desarrollo del léxico sensorial de las cuatro formulaciones del chocolate.*

FICHA DE EVALUACIÓN

Edad: Sexo:

INSTRUCCIONES:

- Ud. deberá evaluar una muestra de chocolate.
- Por favor, pruebe el chocolate e indique las características sensoriales que encuentra presentes.
- Recuerde tomar un poco de agua entre muestra y muestra.

Muestra N°

Por favor escriba hasta 4 palabras para describir cada uno de los atributos del chocolate.

AROMA

- 1.....
- 2.....
- 3.....
- 4.....

SABOR

- 1.....
- 2.....
- 3.....
- 4.....

TEXTURA

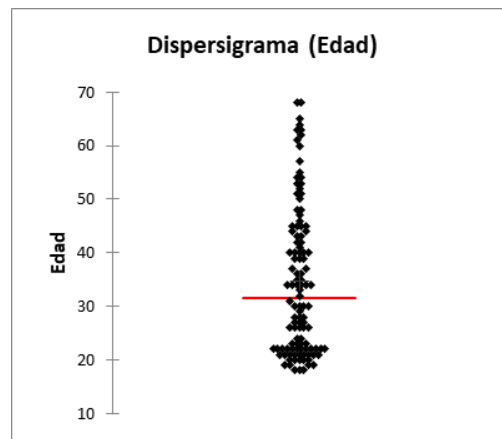
- 1.....
- 2.....
- 3.....
- 4.....

APARIENCIA

- 1.....
- 2.....
- 3.....
- 4.....

La ejecución de la prueba RATA fue a través de 112 consumidores, a los cuales se les presentó una lista de términos, junto a las puntuaciones hedónicas, y se les pide a los consumidores que califiquen la intensidad de cada término atribuido a cada muestra. Este proceso se realizó con consumidores habituales de chocolate, quienes participaron voluntariamente en el estudio (44% mujeres y 56% hombres, edades comprendidas entre 18 y 68 años). Las edades están en la figura 3.

Figura 3. *Gráfica de dispersión de las edades de los participantes*



Antes de comenzar con la prueba sensorial con los consumidores, se dio instrucciones de 10 minutos, donde se llevó a cabo una sesión para familiarizar a los participantes con el cuestionario RATA y la escala hedónica, utilizando la lista de atributos y recopilación de datos en Excel. Antes de empezar la prueba, los consumidores dieron su consentimiento por escrito (consentimiento informado). El ensayo formal se llevó a cabo en dos sesiones distintas. En la primera sesión, participaron 56 consumidores, mientras que en la segunda sesión participaron los 56 restantes, sumando un total de 112 consumidores, donde las muestras fueron presentadas monádicamente (Kim *et al.*, 2023) y siguiendo un diseño cuadrado latino de Williams (las muestras son presentadas en orden diferente con la finalidad de evitar efectos en el orden de presentación) a los consumidores en platos desechables de 18 cm codificados con cuatro dígitos números aleatorios (Saldaña, comunicación personal, 19 de diciembre del 2022).

Cada consumidor evaluó aproximadamente un gramo de chocolate. Una pregunta RATA consistió en preguntar a cada uno de los consumidores que

indiquen si los términos de la lista se aplican para describir el chocolate, y así poder calificar su intensidad. Primero los consumidores calificaron la aceptabilidad general utilizando una escala hedónica de 9 puntos, que va desde 1 = disgusto extremadamente – 9 = me gusta extremadamente (Schutz y Cardello, 2001). Después, cada consumidor seleccionó los atributos que consideraba apropiado para describir la muestra objetiva, y luego calificaron estos atributos utilizando una escala de 5 puntos, con anclas en 1 = poco aplicable y 5 = muy aplicable (Meyners *et al.*, 2016).

2.4.4. Análisis estadístico para las cuatro formulaciones de chocolate

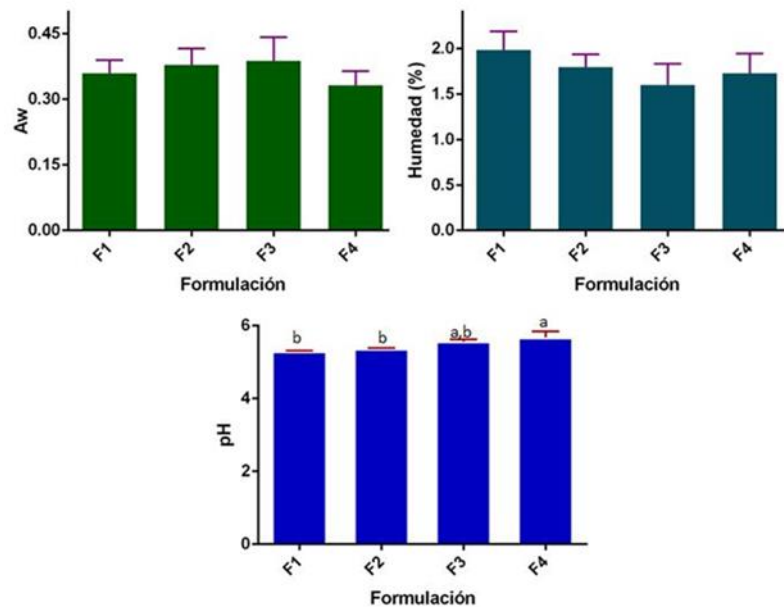
El ANOVA se realizó para evaluar la importancia de los efectos de las formulaciones (variables independientes) sobre las características fisicoquímicas (variable respuesta). Para obtener una visión general del patrón de variación entre los descriptores sensoriales, se llevó a cabo un Análisis de Componentes Principales (PCA) en los datos RATA. En ambos casos se utilizó el software XLSTAT versión prueba.

III. RESULTADOS

3.1. Características fisicoquímicas (A_w , Humedad, pH) de las cuatro formulaciones de chocolate

Las características fisicoquímicas evaluadas, mostraron que podrían verse afectadas por la formulación de los chocolates (figura 4). En el caso de la actividad de agua (A_w) de los chocolates que se esquematiza en la figura 4, estuvo alrededor de 0,4 (sin diferencias significativas entre tratamientos). Respecto al contenido de humedad del chocolate, estuvo alrededor del 2% (sin diferencias significativas). En el caso del pH, se observó que la F4 (37% de cacao blanco y 18% de cacao negro), obtuvo un nivel de pH más alto en contraste con las demás formulaciones; además, F3 (37% de cacao negro y 18% de cacao blanco) obtuvo un nivel de pH superior, aunque no significativo respecto a la F1 y F2.

Figura 4. Características fisicoquímicas de los cuatro chocolates formulados (A_w , humedad y pH).

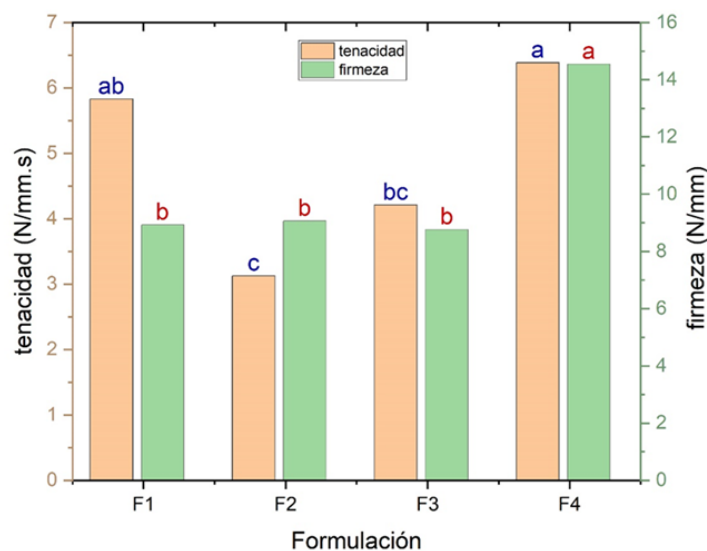


Nota: La figura 4 muestra gráficos de barras tanto para A_w , humedad y pH. Donde las barras representan datos experimentales, y las barras verticales representan la desviación estándar, las letras diferentes indican diferencias significativas Tukey ($p < 0,05$) para las características fisicoquímicas (A_w , humedad y pH).

3.2. Características mecánicas firmeza y tenacidad de la textura instrumental del chocolate de las cuatro formulaciones

La figura 5 muestra las características mecánicas, que caracterizan la textura de los chocolates formulados, en este caso teniendo en consideración dos indicadores de textura instrumental, como es el caso de la tenacidad (resistencia al impacto de un material) (López *et al.*, 2018) y la firmeza (fuerza que opone un material al ser perforado o comprimido hasta cierta profundidad y deformación) (Buitrago *et al.*, 2004). De acuerdo con los resultados mostrados en la figura 5, se observó que con la excepción de F1, la tenacidad y la firmeza obtuvieron un perfil de valores similares, en función a la formulación. Donde se encontró valores significativamente mayores de firmeza y tenacidad en la F4, y en el caso de F1 se obtuvo alta tenacidad, que incluso empató a F4, pero sin diferenciarse en la firmeza con F2 y F3.

Figura 5. Resultados de la textura instrumental de las cuatro formulaciones del chocolate



Nota: La figura 5 muestra el gráfico de barras tanto para tenacidad y firmeza, donde se puede observar que en el eje izquierdo está la tenacidad con sus unidades, el cual está representado por el color naranja claro y en el eje derecho está la firmeza con sus unidades, el cual se diferencia por el color verde claro. Las letras simbolizan diferencias significativas Tukey, asimismo, se puede observar que las letras de tenacidad están de color azul y de firmeza de color rojo.

3.3. Perfil sensorial de las cuatro formulaciones de chocolate

3.3.1. Desarrollo del léxico sensorial de las cuatro formulaciones del chocolate

La lista de atributos seleccionados en el estudio preliminar se especificó en la ficha sensorial RATA (figura 6), donde se incluyeron la lista de atributos y el grado de aceptabilidad. Los atributos obtenidos por los consumidores como: amargo, ácido, aromático, característico a cacao, amargo, dulce, ácido, astringente, grasoso, denso, suave, duro, quebradiza, uniforme, brillante y marrón, fueron seleccionados a partir de un estudio exploratorio inicial con 12 consumidores habituales de chocolate, quienes realizaron la descripción del producto con los términos más representativos, para obtener el léxico sensorial.

Figura 6. *Ficha de evaluación de las características sensoriales desarrollada*

FICHA DE EVALUACIÓN

Edad..... Sexo.....

INSTRUCCIONES:

- ✚ Ud. deberá evaluar cuatro muestras de **CHOCOLATE**, en el orden indicado en la boleta.
- ✚ Por favor, pruebe cada uno de las muestras y responda todas las preguntas.
- ✚ Recuerde tomar un poco de agua entre muestra y muestra.

Muestra N°.....

¿Cuánto le gustó este chocolate?

Me disgusta mucho

Me es indiferente

Me gusta mucho

Marque con una "X" las palabras que caracterizan este chocolate y luego indique su intensidad.

ATRIBUTOS	INTENSIDAD
<p>AROMA</p> <p><input type="checkbox"/> Amargo</p> <p><input type="checkbox"/> Ácido</p> <p><input type="checkbox"/> Aromático</p> <p><input type="checkbox"/> Característico a cacao</p>	<p>Poco -----> Mucho</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div> </div>
<p>SABOR</p> <p><input type="checkbox"/> Amargo</p> <p><input type="checkbox"/> Dulce</p> <p><input type="checkbox"/> Ácido</p> <p><input type="checkbox"/> Astringente</p>	<p>Poco -----> Mucho</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div> </div>
<p>TEXTURA</p> <p><input type="checkbox"/> Grasoso</p> <p><input type="checkbox"/> Denso</p> <p><input type="checkbox"/> Suave</p> <p><input type="checkbox"/> Duro</p> <p><input type="checkbox"/> Quebradiza</p>	<p>Poco -----> Mucho</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div> </div>
<p>APARIENCIA</p> <p><input type="checkbox"/> Uniforme</p> <p><input type="checkbox"/> Brillante</p> <p><input type="checkbox"/> Marrón</p>	<p>Poco -----> Mucho</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div> <div style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></div> </div>

Con el desarrollo del léxico sensorial se obtuvo los atributos, que fueron tabulados y que se muestran en la tabla 2. Teniendo en cuenta que la tabla representa el nivel de percepción o apreciación que cada consumidor asignó a cada característica del chocolate en cada muestra.

Tabla 2. Léxico sensorial obtenido de los consumidores por atributo

Atributo	Características obtenidas de los 12 consumidores	Frecuencia de mención de cada palabra
Aroma	Agradable	18
	Intenso	12
	Suave	12
	Amargo	11
	Concentrado	4
	Aromático	4
	Ácido	3
	Ligero	3
	Fuerte	3
	Característico a cacao	2
	Natural	2
Sabor	Amargo	16
	Agradable	15
	Dulce	13
	Rico	7
	Ligeramente amargo	5
	Ácido	5
	Astringente	3
	Ligeramente ácido	3
	Delicioso	3
	Poco amargo	3
	Ácido intenso	2
	Dulzor normal	2
Textura	Cremoso	22
	Suave	14
	Grasoso	7
	Quebradiza	7
	Duro	4
	Aceptable	4
	Seco	3
	Arenoso	3
	Ligero	3

	Grumoso	3
	Agradable	3
	Denso	2
	Uniforme	2
	<hr/>	
	Agradable	15
	Marrón	13
	Brilloso	11
	Uniforme	5
	Marrón oscuro	4
	Apetitoso	4
Apariencia	Ovalado	4
	Aceptable	4
	Grumoso	3
	Atractiva	3
	Brillosa	2
	Deseable	2
	Firme	2
	Arenoso	2
	<hr/>	

3.3.2. Análisis de las características sensoriales: Escala hedónica y RATA

La aceptabilidad medida mediante escala hedónica de las muestras de chocolate (formulaciones), no presentó diferencias entre sí y en promedio la muestra F4 obtuvo una mayor aceptabilidad entre los consumidores. Respecto a los atributos evaluados por los consumidores, se determinó que los consumidores encontraron cinco atributos sensoriales que resultaron representativos ("sabor dulce", "grasoso", "sabor ácido", "característico a cacao" y "brillante"). La relación de atributos junto a la aceptabilidad y sus promedios se presentan en la tabla 3.

Tabla 3. Resultado de atributos sensoriales de las cuatro formulaciones del chocolate.

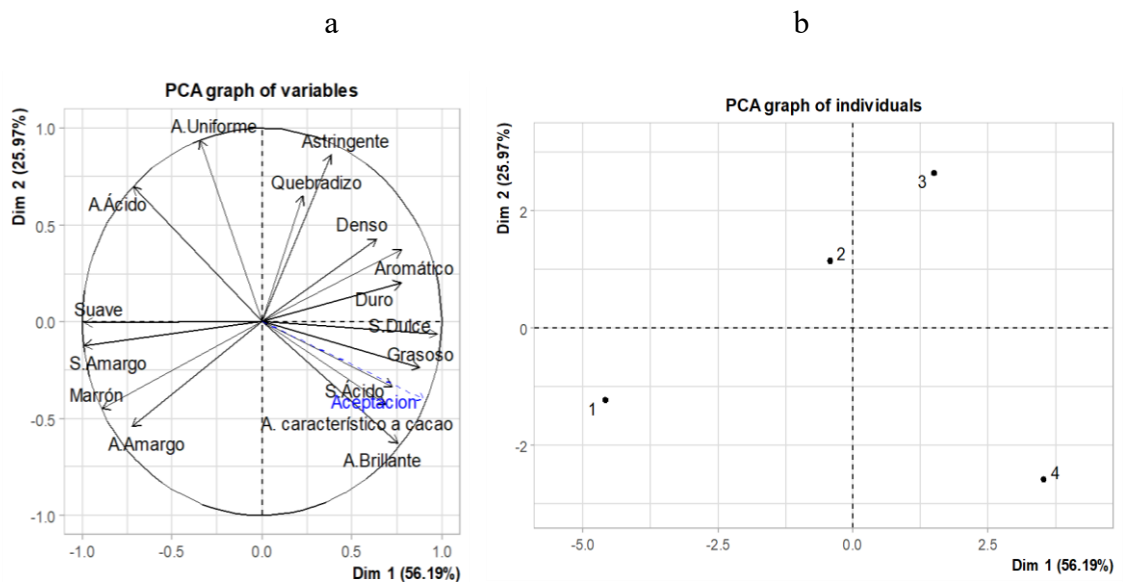
ATRIBUTOS	F₁	F₂	F₃	F₄
Aceptabilidad	7,69	7,77	7,88	8,13
A.Amargo	0,60	0,49	0,18	0,39
A.Ácido	0,39	0,38	0,38	0,24
Aromático	1,61	2,01	1,92	1,93
A. característico a cacao	1,41	1,28	1,55	1,72
S.Amargo	1,52	0,98	0,82	0,69
S.Dulce	1,94	2,39	2,39	2,66
S.Ácido	0,18	0,37	0,23	0,42
Astringente	0,04	0,14	0,14	0,07
Grasoso	0,46	0,47	0,77	0,93
Denso	0,34	0,72	0,59	0,58
Suave	2,30	2,03	1,73	1,60
Duro	0,20	0,20	0,27	0,25
Quebradizo	0,14	0,12	0,25	0,13
A. Uniforme	0,81	0,84	0,87	0,71
Marrón	3,15	2,90	2,81	2,88
A. Brillante	0,75	0,86	0,79	1,13

Nota: La tabla 3 muestra los atributos del chocolate, en el cual se puede observar que cuatro de ellos están resaltados de color amarillo, lo que significa que fueron representativos.

Los atributos "sabor dulce", "grasoso", "sabor ácido", "característico a cacao" y "brillante" resultaron más representativos con respecto a las diferencias entre chocolates, en el caso de aroma amargo resulto menor para F4, en caso de sabor amargo F1 obtuvo el mayor valor, en el caso del sabor dulce F4 volvió a obtener un máximo valor, en caso de la textura suave F1 obtuvo un valor máximo a diferencia de las demás; por tanto, estas características descritas guardan relación con la aceptabilidad, especialmente para F1 y F4. Las respuestas de los consumidores parecen indicar que la aceptabilidad está relacionada directamente con los atributos de sabor y de textura, dándole importancia al hecho que el chocolate alcance un nivel equilibrado para satisfacer las expectativas del consumidor. A diferencia de los atributos "aroma amargo", "sabor amargo", "textura suave", "aroma ácido", "aromático", "astringente", "denso", "duro", "quebradizo", "apariciencia uniforme", y "apariciencia marrón" no mostraron una relación representativa con la

"Aceptabilidad" en los resultados obtenidos. En la (figura 7a) se muestra que cinco ("sabor dulce", "grasoso", "sabor ácido", "característico a cacao" y "brillante") de 16 atributos descriptores sensoriales en la boleta de RATA discriminaron la diferencia entre los chocolates evaluados. A partir del gráfico biplot PCA es evidente la discriminación de los chocolates. En la (figura 7b), el componente 1 explica el 56,19% de la varianza total, principalmente separando entre formulaciones. El componente 2 explica el 25,97% de la varianza total y separa principalmente atributos y las formulaciones F2 y F3; por lo que este agrupamiento del PCA fue bastante representativo. En el primer componente se podría agrupar F2 y F3, mientras que F1 y F4 mostraron notables diferencias entre sí.

Figura 7. Resultados de la escala hedónica



Nota: La figura 7a muestra el análisis de componentes principales y la figura 7b muestra la similitud entre muestras.

De acuerdo con los resultados obtenidos, podemos observar que hay características que podrían estar relacionadas con una "mayor aceptabilidad" y "menor aceptabilidad", además que la figura 7 a y b muestra que las muestras obtuvieron características diferentes entre sí.

Se consiguió describir que los descriptores sensoriales como la aceptabilidad y los atributos relacionados con la muestra F4, que se encontraron en la parte

inferior izquierda, siendo los atributos que más se aproximan entre sí (dulce, grasoso, ácido, característico a cacao y brillante). En el caso de los atributos aroma ácido y textura uniforme obtuvieron una relación inversa con la aceptabilidad, por lo que estos atributos deben ser indicadores a tomarse en cuenta. En tanto F1 posiblemente se asocie con características menos favorables, mientras F2 y F3 obtuvieron descriptores muy similares con puntuaciones poco diferentes entre sí (especialmente en el nivel de sabor amargo).

IV. DISCUSIÓN

La confección y/o elaboración del chocolate generalmente puede considerarse muy compleja, debido a que durante el procesamiento ocurren innumerables reacciones químicas, que se desarrollan en función a las condiciones establecidas de las diferentes operaciones unitarias. Especialmente, se podría citar operaciones como, el fermentado, secado y tostado de los granos de cacao, y el conchado ya que este implica transformar una mezcla no homogénea de sólidos de grasa, azúcar y cacao en un líquido uniforme y fluido. Mientras que otras operaciones como el refinado tienen dos roles principales: descomponer mecánicamente los grupos de partículas y disminuir la fricción entre ellas mediante la inclusión de agentes dispersantes (Blanco *et al.*, 2019). Por lo que cada operación unitaria debe tener un control estricto de sus parámetros, que para el desarrollo del presente trabajo fueron estandarizados, debido a que las desviaciones en estas etapas se podrían influir en el aroma y sabor del chocolate (Barišić *et al.*, 2019; Hinostroza Eslava, 2017; Owusu *et al.*, 2012).

La fuente de variación de la presente investigación, se basó en las proporciones de cacao blanco y cacao trinitario. Hipotetizando que la fuente de cacao podría influir en las características del chocolate obtenido; sin embargo, también se debe considerar que, durante el procesamiento del cacao, como en la fermentación, se forman importantes precursores que son esenciales para las reacciones químicas posteriores al proceso de elaboración del chocolate (Barišić *et al.*, 2019), que en el caso del presente trabajo no se llevó el control.

Entonces se podría esperar que existiese una variación de las características (físicoquímicas, mecánicas y sensoriales) dependiendo de cada formulación, en este caso basado en diferentes proporciones de cacao blanco y trinitario. De hecho, se sabe que el cacao de fino sabor (variedad “Piura porcelana”), ya se emplea en chocolates de alta gama y mantienen precios superiores por estos distintos sabores de cacao, lo que sirve como incentivo para la conservación de estas variedades tradicionales (Arevalo-Gardini *et al.*, 2019).

También, las características físicoquímicas del chocolate podrían guardar relación con el proceso y las formulaciones. En el caso de la humedad y

actividad de agua, estas características pueden determinar la calidad del chocolate. Estos niveles de A_w son característicos de los alimentos de humedad intermedia (Beckett, 2009). En el caso de A_w , estos valores fueron superiores a lo reportado anteriormente por Stevenson *et al.* (2015), quienes reportaron una actividad de agua de 0,6, esto se debe que estos chocolates presentan un porcentaje de humedad más alto al de otros chocolates, pero se puede considerar aceptable ya que generalmente a estos niveles disminuye la posibilidad de proliferación microbiana. En el caso de la humedad los valores obtenidos estuvieron en un rango del 2%. Estos resultados pueden deberse a que el chocolate como producto, contiene aditivos con bajo tenor de agua, tales como la pasta de cacao, manteca de cacao, azúcar, edulcorantes y los aditivos alimenticios permitidos (Salinas y Bolívar, 2012). Pero debemos tener cuidado, pues un contenido de humedad demasiado bajo hará que el chocolate se vuelva quebradizo y duro, mientras que un contenido de humedad demasiado alto provocará moho y reducirá la calidad del producto (Guamán *et al.*, 2020). Estas características permiten una buena estabilidad durante la vida útil. Sin embargo, para evitar reacciones químicas y físicas adversas en estos productos, se debe tomar cuidado en el envasado, donde como alternativa podría ser en paquetes oscuros y con acceso limitado al oxígeno.

En el caso del pH, se obtuvo un valor máximo en las muestras que obtuvieron mejores características sensoriales. El pH es un indicador importante a ser tomado en cuenta, y depende del proceso que se siguió, por ejemplo, el tostado afecta la proporción de ácidos acético y oxálico (Ramli *et al.*, 2006). También es una operación unitaria crítica y es uno de los procesos más importantes debido a la ocurrencia de la reacción de Maillard, durante la cual se forman compuestos aromáticos pues tiene efectos importantes en la formación de la fracción volátil y de las variaciones de los compuestos no volátiles (aminoácidos, azúcares reductores, metilxantinas y polifenoles) determinantes en la calidad final del producto. Sin embargo, otras características inherentes al proceso podrían influir en el pH, como por ejemplo la fermentación, debido a que se forman importantes precursores que son esenciales para las reacciones químicas posteriores al proceso de elaboración del chocolate, así como también se acumulan ácidos orgánicos (Ramos-Gómez, 2022; Barišić *et al.*,

2019). En el caso del presente trabajo, se emplearon aditivos con el mismo origen para evitar fuentes de variación externa, de lo cual resultó que F4 obtuvo el mayor pH, sin diferenciarse significativamente de F3. Entre las posibles explicaciones, tenemos que el cacao blanco al ser mezclado con el cacao trinitario podría incrementar el pH debido al alto contenido de compuestos fenólicos (Capajaña, 2021; Fernández-Romero *et al.*, 2020). Otro motivo por el cual se podría incrementar el pH es que el cacao blanco posee más alcaloides como la teobromina (Puchol-Miquel *et al.*, 2021). Inclusive el pH también podría modificarse en función de la acidez de los ácidos orgánicos presentes en el cacao como el ácido cítrico y el ácido láctico (García *et al.*, 2021). En ese sentido, el valor del pH obtenido en F4 podría también estar relacionado con las respuestas sensoriales positivas de parte de los consumidores; por lo que podría ser tomado en cuenta para futuros estudios a nivel químicos y estructurales.

Con respecto a las características mecánicas, expresadas en indicadores de firmeza y tenacidad; están interrelacionadas, ya que ambos describen aspectos de cómo un material podría resistir fuerzas externas, en el caso de un material sea firme pero no tenaz, este resiste bien la deformación inicial, pero se rompe fácilmente una vez que se alcanza un cierto límite; por otro lado, un material puede ser tenaz pero no firme si puede absorber mucha energía antes de romperse, pero se deforma fácilmente bajo cargas menores (Hernández *et al.*, 2023). La firmeza y tenacidad del chocolate están relacionadas con la textura instrumental. Cuando se incrementó la proporción de cacao blanco en la formulación del chocolate se observó una disminución en la firmeza y tenacidad. Hipotéticamente, podría deberse a una mayor concentración de polifenoles y alcaloides presentes en el cacao blanco, los que reducen la viscosidad de la matriz del chocolate. Esto, debido a que cuanto mayor sea el contenido de sólidos de cacao no grasos en el chocolate, mayor será el contenido de polifenoles. De hecho, (Puchol-Miquel *et al.*, 2021), concluyen que la caracterización físico-química reveló que el porcentaje de cacao fue la variable técnica que más influyó en las diferencias observadas entre las muestras.

Es complejo obtener una explicación específica de este resultado; sin embargo, se puede hacer una descripción de las características encontradas en las tabletas de chocolate. Como por ejemplo el término asociado a textura “suave”, podemos asociarlas a la textura instrumental, expresada como la tenacidad y firmeza que fue máxima para F4 y mínima en F1, lo cual podría relacionarse inversamente con los valores de la escala hedónica, en un trabajo con dulces bañados con chocolate se obtuvo una correlación cercana a 0,4 entre el descriptor “suave” y la aceptación (Olivati *et al.*, 2023). En otro estudio se estableció que la dureza y el crujido deben ser diferentes en el chocolate blanco, con leche y negro (De Pelsmaeker *et al.*, 2019).

Los términos sensoriales resultaron de pruebas previas que revelaron que estos términos eran más naturales para describir este tipo de producto, con datos analizados como frecuencia de selección de términos (frecuencia RATA). Se identificó diferencias representativas en cuatro términos de los 16 evaluados. Los términos: "Aroma Amargo", "Sabor Amargo", y "textura Suave" de acuerdo con el PCA estarían asociados a una menor aceptación sensorial, mientras el "Sabor Dulce" se asoció con una mejor puntuación en la escala hedónica. El término amargo, junto con otros términos como ácido y cacao han sido reportados anteriormente como principales descriptores de chocolate (Waehrens *et al.*, 2016; Thamke *et al.*, 2009). (De Pelsmaeker *et al.*, 2019) resalta que las características sensoriales de los chocolates están estrechamente relacionadas en términos de aroma, lo que también explica que el término “aroma amargo” haya resultado significativo, también relata que el sabor amargo y en menor medida el sabor ácido solo está relacionado con el chocolate negro. Por otro lado, anteriormente ya se tenía reportado que el sabor y la sensación en boca eran las categorías sensoriales más importantes para describir los productos de chocolate (Dürschmid *et al.*, 2006; Thamke *et al.*, 2009), lo cual hace consistente a los términos relacionados con el aroma y sabor amargo, y el dulzor. En el presente estudio F1, obtuvo mayor puntaje el aroma ácido, sin llegar a tener diferencias significativas. También los términos “Sabor Dulce” y "textura Suave" fueron reportados como descriptores sensoriales en dulces (pasas) bañados en chocolate amargo en otro trabajo con RATA (Olivati *et al.*, 2023).

Otros atributos sensoriales que reporta la literatura, son: cacao, acidez, amargor, astringencia, fruta fresca, fruto seco, madera, especias, nuez, caramelo/panela (Fernández *et al.*, 2022), que en nuestro caso coincidieron parcialmente. En el presente estudio los consumidores declararon que les gustaron mucho o extremadamente (valores hedónicos entre 8 y 9) la formulación F4. Siendo esta formulación mayoritaria con respecto a cacao blanco (37%), alcanzado niveles superiores a F2 (55% de cacao blanco), cuya formulación no resultó objetivamente diferente a las demás, salvo en el PCA, donde obtuvo similitudes con el término “aromático”.

Si asociamos que en F1 obtuvo el mayor puntaje en aroma ácido, y en F4 también fue identificado, esto podría estar relacionado con el hecho que algunos atributos sensoriales específicos del cacao blanco son las notas florales y frutadas, que fueron destacados anteriormente por los jueces entrenados (Engeseth y Ac-Pangan , 2018). Específicamente en el caso del cacao blanco de Piura, es conocido por sus notas de frutos secos, vainilla y cítricos (Capajaña, 2021). Este aroma a cítrico podría relacionarse con el aroma ácido.

Una mayor proporción de cacao blanco podría estar relacionada con una mayor aceptación sensorial debido a que este tipo de cacao aporta características sensoriales específicas que son apreciadas por los consumidores, y también se debe destacar la sinergia desarrollada cuando se formula con el cacao trinitario.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

➤ CONCLUSIONES

- En base a las características fisicoquímicas (A_w , humedad y pH). Se puede concluir que el cacao blanco no influyó significativamente en la actividad de agua (A_w) y la humedad, ya que ambos parámetros mantuvieron valores constantes de 0,3 y 2%, respectivamente. Sin embargo, se observó una variación en el pH, específicamente en la F4.
- En base a las características mecánicas evaluadas (tenacidad y firmeza), se puede concluir que la formulación F4 presenta las mejores propiedades mecánicas, destacándose por su mayor tenacidad (6.5 N/mm.s) y firmeza (15 N/mm). La formulación F2 tiene los valores más bajos en ambos parámetros, indicando menor resistencia y firmeza. La formulación F1 tiene alta tenacidad, pero menor firmeza comparada con F4. La formulación F3 es intermedia en tenacidad y firmeza.
- El desarrollo del análisis sensorial Rate-All-That-Apply (RATA) con consumidores logró describir y evaluar los atributos sensoriales de los chocolates, cuya similitud facilita el uso de PCA para una interpretación más profunda de las percepciones sensoriales y la diferenciación entre las formulaciones.
- La formulación 4 obtuvo mayor aceptabilidad sensorial y está asociado a (sabor ácido, característico a cacao y brillante).

➤ **RECOMEDACIONES**

En base a lo experimentado, se recomienda lo siguiente:

- Realizar estudios sobre los procesos de fermentación, secado, tostado y molienda específicos en el cacao blanco, evaluando cómo estos procesos afectan su composición química y propiedades nutricionales.
- Determinar el perfil de compuestos volátiles, para identificar que sabores están relacionados con la parte sensorial.
- Identificar y cuantificar ácidos grasos presentes en el cacao blanco.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ares, G., Bruzzone, F., Vidal, L., Cadena, R. S., Giménez, A., Pineau, B., ... & Jaeger, S. R. (2014). Evaluation of a rating-based variant of check-all-that-apply questions: Rate-all-that-apply (RATA). *Food quality and preference*, 36, 87-95. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2014.03.006>
- Arevalo-Gardini, E., Meinhardt, LW, Zuñiga, LC, Arévalo-Gardni, J., Motilal, L. y Zhang, D. (2019). Genetic identity and origin of “Piura Porcelana”—A fine-flavored traditional variety of cacao (*Theobroma cacao*) from the Peruvian Amazon. *Tree Genetics & Genomes*, 15, 1-11. Obtenido de <https://doi.org/10.1007/s11295-019-1316-y>
- Barišić, V., Kopjar, M., Jozinović, A., Flanjak, I., Ačkar, Đ., Miličević, B., ... & Babić, J. (2019). The chemistry behind chocolate production. *Molecules*, 24(17), 3163. Obtenido de <https://doi.org/10.3390/molecules24173163>
- Beckett, S. (2009). *Industrial Chocolate Manufacture and Use*. Cuarta edición. York,.
- Blanco, E., Hodgson, D. J., Hermes, M., Besseling, R., Hunter, G. L., Chaikin, P. M., ... & Poon, W. C. (2019). Conching chocolate is a prototypical transition from frictionally jammed solid to flowable suspension with maximal solid content. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 116, 10303 - 10308. Obtenido de <https://doi.org/10.1073/pnas.1901858116>
- Buitrago, G. V., López, A. P., Coronado, A. P., & Osorno, F. L. (2004). Determinación de las características físicas y propiedades mecánicas de papa cultivada en Colombia. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 8, 102-110. Obtenido de doi.org/10.1590/S1415-43662004000100015
- Capajaña, M Q. (23 de Diciembre de 2021). Efecto de la temperatura y tiempo del tostado sobre las características sensoriales del cacao (*Theobroma cacao* L.) procedente del sector San Lorenzo, Cusco – Perú. , 1(2), 1-5. Obtenido de doi.org/10.51392/rcidas.v1i2.6
- Ceccarelli, V., Lastra, S., Loor Solorzano, R. G., Chacón, W. W., Nolasco, M., Sotomayor Cantos, I. A., ... & Thomas, E. (2022). Conservation and use of genetic resources of cacao (*Theobroma cacao* L.) by gene banks and nurseries in six Latin American

- countries. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 1-20. Obtenido de <https://doi.org/10.1007/s10722-021-01304-3>
- Cheesman, E. E. (1944). Notes on the nomenclature, classification and possible relationships of cacao populations. *Tropical Agriculture*.
- De Pelsmaeker, S., De Clercq, G., Gellynck, X., & Schouteten, J. J. (2019). Development of a sensory wheel and lexicon for chocolate. *Food Research International*, 116, 1183-1191. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.09.063>
- de Souza, P. A., Moreira, L. F., Sarmiento, D. H., & da Costa, F. B. (2018). Cacao-Theobroma cacao. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803138-4.00010-1>
- Dürschmid, K., Albrecht, U., Schleining, G., & Kneifel, W. (2006). Sensory evaluation of milk chocolates as an instrument of new product development. In *13th World Congress of Food Science & Technology 2006* (pp. 822-822). Obtenido de <https://doi.org/10.1051/IUFoST:20060822>
- Engeseth, N J., & Ac-Pangan, M. (01 de Junio de 2018). Current context on chocolate flavor development — a review. *Elsevier BV*, 21, 84-91. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2018.07.002>
- Fernández, C. O. Á., Salgado, N. D. L., Silva, E. E. P., Amaíz, M. D. C. L., & González, J. G. P. (2022). Revisión sobre los atributos físicos, químicos y sensoriales como indicadores de la calidad comercial del cacao. *Petroglifos Revista Crítica Transdisciplinaria*, 5 (1), 12-25. Obtenido de <https://doi.org/10.5281/zenodo.6548316>
- Fernández-Romero, E., Chávez, S., Siché, R., Castro-Alayo, E M., & Cárdenas-Toro, F P. (09 de Febrero de 2020). The Kinetics of Total Phenolic Content and Monomeric Flavan-3-ols during the Roasting Process of Criollo Cocoa. *Multidisciplinary Digital Publishing Institute*, 9(2), 146-146. Obtenido de <https://doi.org/10.3390/antiox9020146>
- Franco-Luesma, E., Sáenz-Navajas, M. P., Valentin, D., Ballester, J., Rodrigues, H., & Ferreira, V. (2016). Study of the effect of H₂S, MeSH and DMS on the sensory profile of wine model solutions by Rate-All-That-Apply (RATA). *Food Research*

International, 87, 152-160. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.07.004>

García-Alamilla, P., Salgado-Cervantes, M., Barel, M., Berthomieu, G., Rodríguez-Jimenes, G., & García-Alvarado, M. (01 de Abril de 2007). Moisture, acidity and temperature evolution during cacao drying. Elsevier BV, 79(4), 1159-1165. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.04.005>

García, D A T., Solórzano, C Y E., Salazar, I., & Navarrete, Y G T. (01 de Junio de 2021). Empleo de mucílago de cacao como inoculante en la elaboración de queso semiduro. , 25(109), 5-11. Obtenido de <https://doi.org/10.47460/uct.v25i109.441>

Giacalone, D., y Hedelund, P. I. (2016). Rate-all-that-apply (RATA) with semi-trained assessors: An investigation of the method reproducibility at assessor-, attribute- and panel-level. Food Quality and Preference, 51, 65-71. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2016.02.017>

Guamán Carchipulla, G. L., & Ramírez Cují, R. V. (2020). Obtención de chocolate para cobertura a partir de la combinación de las variedades de Cacao CCN51 y Súper Árbol (Bachelor's thesis, Universidad Estatal Amazónica). Obtenido de <https://repositorio.uea.edu.ec/handle/123456789/886>

Henderson, J. S., Joyce, R. A., Hall, G. R., Hurst, W. J., & McGovern, P. E. (2007). Chemical and archaeological evidence for the earliest cacao beverages. Proceedings of the National Academy of Sciences, 104(48), 18937-18940. Obtenido de <https://doi.org/10.1073/pnas.0708815104>

Hernández-Hernández, N., Báez-González, J G., García-Alanís, K G., Villarreal, M B., & Durán-Lugo, R. (2023). Efecto de hidrocoloides en textura de masa de maíz-quínoa como propuesta para mejoramiento de calidad proteica. , 8(1), 47-52. Obtenido de doi.org/10.29105/idcyta.v8i1.11

Herzog, M. H., Francis, G., & Clarke, A. (2019). Understanding Statistics and Experimental Design: How to Not Lie with Statistics, 67-82. Springe Nature. Obtenido de <https://doi.org/10.1007/978-3-030-03499-3>

Hinostroza Eslava, S. I. (2017). Perfil Químico-Nutricional y actividad antioxidante del chocolate " Valle del Chanka".

- Joaquin et al. (01 de Noviembre de 2021). Validación de un método por cromatografía líquida de alta resolución para la cuantificación de senósidos en tabletas de chocolate. , 87(2), 180-191. Obtenido de <https://doi.org/10.37761/rsqp.v87i2.338>
- Kim D., Kwak, H., Lim, M., & Lee, Y. (2023). Comparison of Check-All-That-Apply (CATA), Rate-All-That-Apply (RATA), flash profile, free listing, and conventional descriptive analysis for the sensory profiling of sweet pumpkin porridge. *Foods*, 12(19), 3556. Obtenido de <https://doi.org/10.3390/foods12193556>
- Loor Solorzano, R. G., Fouet, O., Lemainque, A., Pavek, S., Boccara, M., Argout, X., ... & Lanaud, C. (2012). Insight into the wild origin, migration and domestication history of the fine flavour Nacional *Theobroma cacao* L. variety from Ecuador. *PLoS One*, 7(11), e48438. Obtenido de <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0048438>
- López, D. F., & Rojas, A. F. (2018). Factores que influyen las propiedades mecánicas, físicas y térmicas de materiales compuestos madero plásticos. *Entre ciencia e ingeniería*, 12(23), 93-102. Obtenido de <https://doi.org/10.31908/19098367.3708>
- Martins, M. M., Saldaña, E., Teixeira, A. C. B., Selani, M. M., & Contreras-Castillo, C. J. (2021). Going beyond sensory and hedonic aspects: A Brazilian study of emotions evoked by beef in different contexts. *Meat Science*, 180, 108536. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108536>
- Meyners, M., Jaeger, S. R., & Ares, G. (2016). On the analysis of rate-all-that-apply (RATA) data. *Food quality and preference*, 49, 1-10. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2015.11.003>
- MINAGRI. (2016). Estudio del cacao en el Perú y en el Mundo. Un Análisis de la Producción y el Comercio. Ministerio de Agricultura y Riego, Lima, Peru. .
- Mishra, K., Green, A., Burkard, J., Gubler, I., Borradori, R., Kohler, L., ... & Windhab, E. J. (2024). Valorization of cocoa pod side streams improves nutritional and sustainability aspects of chocolate. *Nature Food*, 1-10. Obtenido de <https://doi.org/10.1038/s43016-024-00967-2>
- 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. Obtenido de <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0003311>
- Olivati, C., Nishiyama-Hortense, Y. P., Soares Janzantti, N., da Silva, R., Lago Vanzela, E. S., & Gómez-Alonso, S. (2023). Dark-Chocolate-Coated BRS Clara Raisins: Phenolic Composition and Sensory Attributes. *Molecules*, 28(20), 7006. Obtenido de <https://doi.org/10.3390/molecules28207006>
- Olivera-Núñez , Q. (2018). Jaén, Arqueología y Turismo Yanapay Andina Consultores.
- Oppermann, A. K. L., De Graaf, C., Scholten, E., Stieger, M., & Piqueras-Fiszman, B. (2017). Comparison of Rate-All-That-Apply (RATA) and Descriptive sensory Analysis (DA) of model double emulsions with subtle perceptual differences. *Food Quality and Preference*, 56, 55-68. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2016.09.010>
- Owusu, M., Petersen, M. A., & Heimdal, H. (2012). Effect of fermentation method, roasting and conching conditions on the aroma volatiles of dark chocolate. *Journal of Food Processing and Preservation*, 36, 446-456. Obtenido de <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2011.00602.x>
- Pelsmaeker, S., De Clercq, G., Gellynck, X., & Schouteten, J. J. (2019). Development of a sensory wheel and lexicon for chocolate. *Food Research International*, 116, 1183-1191. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.09.063>
- Powis, T. G., Cyphers, A., Gaikwad, N. W., Grivetti, L., & Cheong, K. (2011). Cacao use and the San Lorenzo Olmec. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(21), 8595-8600. Obtenido de <https://doi.org/10.1073/pnas.1100620108>
- Puchol-Miquel, M., Palomares, C., Bolognesi, C., & Pérez-Esteve, É. (01 de Febrero de 2021). Formulation and physico-chemical and sensory characterisation of chocolate made from reconstituted cocoa liquor and high cocoa content. *Elsevier BV*, 137, 110492-110492. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110492>
- Putri, D. N., De Steur, H., Juvinal, J. G., Gellynck, X., & Schouteten, J. J. (2024). Sensory attributes of fine flavor cocoa beans and chocolate: A systematic literature review. *Journal of Food Science*, 89(4), 1917-1943. Obtenido de <https://doi.org/10.1111/1750-3841.17006>

- Ramli, N., Hassan, O., Said, M., Samsudin, W., & Idris, N. A. (2006). Influencia de las condiciones de tostado en el sabor volátil de tostar los granos de cacao de Malasia. *Diario de procesamiento y conservación de alimentos*, 30, 280-298.
- Ramos-Gómez, A. (2022). Revisión sobre los atributos físicos, químicos y sensoriales como indicadores de la calidad comercial del cacao.
- Romero, C. (2016). Estudio de cacao en el Perú y el mundo. Situación actual y perspectivas en el mercado nacional e internacional al 2015. Lima, Perú: Ministerio de Agricultura y Riego-Dirección de Estudios Económicos e Información Agraria. P.
- Saldaña, E. (22 de Noviembre de 2022). Comunicación personal.
- Saldaña, E. (19 de Diciembre de 2022). Comunicación personal.
- Saldaña, E. (30 de Enero de 2023). Comunicación personal.
- Salinas, N., y Bolivar, W. (Junio de 2012). Ácidos grasos en chocolates venezolanos y sus análogos. In *Anales Venezolanos de Nutrición* (Vol. 25, No. 1, pp. 25-33). Fundación Bengoa. Obtenido de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-07522012000100005&lng=es&tlng=es.
- Salvador, N., Espinoza, E., & Rojas, J. (2012). Manual del cultivo de cacao blanco de Piura. Mesa Técnica Regional de Cacao de Piura. Dirección Regional Agraria Piura.
- Schutz, H. G., y Cardello, A. V. (2001). A labeled affective magnitude (lam) scale for assessing food liking/disliking 1. *Journal of Sensory Studies*, 16(2), 117-159. Obtenido de <https://doi.org/10.1111/j.1745-459X.2001.tb00293.x>
- Stevenson, A., Cray, J. A., Williams, J. P., Santos, R., Sahay, R., Neuenkirchen, N., ... & Hallsworth, J. E. (2015). Is there a common water-activity limit for the three domains of life?. *The ISME journal*, 9(6), 1333-1351. Obtenido de <https://doi.org/10.1038/ismej.2014.219>
- Thamke, I., Dürschmid, K., & Rohm, H. (2009). Sensory description of dark chocolates by consumers. *LWT-Food Science and Technology*, 42(2), 534-539. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2008.07.006>

- Varela, P., y Ares, G. (2012). Sensory profiling, the blurred line between sensory and consumer science. A review of novel methods for product characterization. *Food Research International*, 48(2), 893-908. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.06.037>
- Waehrens, S. S., Zhang, S., Hedelund, P. I., Petersen, M. A., & Byrne, D. V. (2016). Application of the fast sensory method 'Rate-All-That-Apply' in chocolate quality control compared with DHS-GC-MS. *International Journal of Food Science & Technology*, 51(8), 1877-1887. Obtenido de <https://doi.org/10.1111/ijfs.13161>
- Wiegel, J., Rio, M. D., Gutiérrez, J. F., Claros, L., Sánchez, D., Gómez, L., ... & Reyes, B. A. (2020). Coffee and cacao market systems in the Americas: opportunities for supporting renovation and rehabilitation. Obtenido de <https://hdl.handle.net/10568/108108>
- Zarrillo, S., Gaikwad, N., Lanaud, C., Powis, T., Viot, C., Lesur, I., ... & Valdez, F. (2018). The use and domestication of *Theobroma cacao* during the mid-Holocene in the upper Amazon. *Nature ecology & evolution*, 2(12), 1879-1888. Obtenido de <https://doi.org/10.1038/s41559-018-0697-x>

DEDICATORIA

Agradecer en primer lugar a Dios por ser mi guía y por la fortaleza diaria, durante el proceso de ejecución de la presente investigación. A mis padres y hermanos, por haberme brindado su apoyo incondicional y motivarme a cumplir mis metas tanto profesionales como personales. A mi asesor por su orientación durante esta travesía. Y a todos aquellos que de alguna manera contribuyeron a la realización de este trabajo.

AGRADECIMIENTO

Al Ing. Mg. Sc. James Euler Villar Estrada, por su asesoramiento y paciencia durante el desarrollo de mi tesis haciendo que logre uno de mis objetivos como es culminar con éxito mi tesis y obtener el título profesional. Al Dr. Erick Saldaña, especialista en análisis estadístico, gracias por el apoyo incondicional y los amplios conocimientos transferidos con la finalidad de realizar un buen trabajo de investigación. A la señora Palmira García Parihuamán dueña de la empresa NUPIRCACAO E.I.R.L, por brindarme su apoyo y permitirme hacer uso de los equipos necesarios para el proceso, y así finalizar con una parte de la ejecución del proyecto. A mi compañera Leily Liliana Tongo Cubas por su apoyo incondicional y a todos mis compañeros que me apoyaron con el desarrollo del análisis sensorial. A la familia Gálvez Castillo por sus consejos, comprensión y apoyo incondicional. A la Universidad Nacional de Jaén por darme la oportunidad de formarme como profesionales en el campo de la Ingeniería de Industrias Alimentarias para ser personas de bien y servir a la sociedad.

ANEXOS

Anexo 1. Consentimiento libre e informado para la evaluación de las cuatro formulaciones del chocolate

CONSENTIMIENTO LIBRE E INFORMADO

Título de la investigación: Perfil sensorial Check-all-that-apply-CATA del chocolate basado en diferentes proporciones de cacao blanco (*Theobroma cacao* L.).

Justificación: El cacao blanco (*Theobroma cacao* L.) es demandado por muchas empresas chocolateras, debido a que posee un aroma muy fino. Sin embargo, esta variedad de cacao está en peligro de extinción, debido al sistema de reproducción sexual y por la polinización cruzada entre otras especies de cacao. El procesamiento e innovación de cacao hacia el chocolate es una forma de valorizar esta variedad de cacao.

Objetivo: Analizar sensorialmente los chocolates basados en cacao blanco por consumidores con la técnica Check-all-that-apply-CATA.

Material y métodos: Se añadió a las muestras distintas concentraciones de cacao, azúcar, manteca y licor de cacao. La técnica que se aplica (*Check-All-That-Applies*, CATA) se basa en la caracterización sensorial de las muestras, utilizando una lista preestablecida de atributos sensoriales.

Población participante del estudio: Voluntarios mayores de 18 años que se declaran consumidores habituales de chocolate.

Riesgo: Las muestras pueden ser perjudiciales para los consumidores con diabetes e hipertensión arterial.

Beneficios: El participante no se beneficiará directamente del estudio, sino que los datos generados serán relevantes para caracterizar el producto y comprender el comportamiento del consumidor.

Privacidad: Los resultados obtenidos serán divulgados en congresos y artículos, sin embargo, la identidad de todos los participantes será confidencial, por lo que no se divulgará información personal sensible. Los investigadores garantizan dar respuestas o aclarar cualquier pregunta sobre los

procedimientos, riesgos, beneficios y otros asuntos relacionados con la investigación e incluso entregarán una copia del “CONSENTIMIENTO LIBRE E INFORMADO” a cada participante. También serán responsables de resolver cualquier problema que surja durante la prueba sensorial.

La participación es voluntaria y puede retirar su consentimiento y dejar de participar en la investigación en cualquier momento sin más consecuencias. El catador no soportará ninguna responsabilidad por participar en la investigación.

CONSENTIMIENTO DE PARTICIPACIÓN DE LA PERSONA COMO SUJETO

Yo _____,
acepto participar en el estudio: “Formulación de helado de café con adición de inulina, bajo en contenido calórico y de características aceptables”. Fui debidamente informado por el investigador sobre los procedimientos involucrados en el mismo, así como los posibles riesgos y beneficios derivados de mi participación. Se me ha asegurado la confidencialidad de la información e indicado que puedo retirar mi consentimiento en cualquier momento.

Fecha: ____/____/_____

Firma del sujeto: _____

Firma del investigador responsable: _____

Si necesita información adicional sobre la investigación, póngase en contacto con los investigadores responsables: Mily Esther Vargas Medina (mily.vargas@est.unj.edu.pe - 929 517 045), James Euler Villar Estrada (james.villar@unj.edu.pe – 933 935 391).

Dirección: Carretera Jaén - San Ignacio KM 24 - Sector Yanuyacu – Jaén.

Anexo 2. ANOVA para tenacidad del chocolate

Tabla 4. Tabla ANOVA para tenacidad por fórmula

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	13,3924	3	4,46415	20,13	0,0071
Intra grupos	0,8869	4	0,221725		
Total (Corr.)	14,2793	7			

El StatAdvisor

La tabla ANOVA descompone la varianza de tenacidad en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 20,1337, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de tenacidad entre un nivel de Formula y otro, con un nivel del 95,0% de confianza. Para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, seleccione Pruebas de Múltiples Rangos, de la lista de Opciones Tabulares.

Tabla 5. Pruebas de Múltiples Rangos para tenacidad por fórmula

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>Formula</i>	<i>Cas os</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
F2	2	3,125	X
F3	2	4,21	XX
F1	2	5,83	XX
F4	2	6,385	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
F1 - F2	*	2,705	1,9169
F1 - F3		1,62	1,9169
F1 - F4		-0,555	1,9169
F2 - F3		-1,085	1,9169
F2 - F4	*	-3,26	1,9169
F3 - F4	*	-2,175	1,9169

* Indica una diferencia significativa.

El StatAdvisor

Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. El asterisco que se encuentra al lado de los 3 pares indica que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95,0% de confianza. En la parte superior de la página, se han identificado 3 grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey. Con este método hay un riesgo del 5,0% al decir que uno o más pares son significativamente diferentes, cuando la diferencia real es igual a 0.

Anexo 3. ANOVA para firmeza del chocolate

Tabla 6. Tabla ANOVA para firmeza por fórmula

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	47,5512	3	15,8504	25,22	0,0046
Intra grupos	2,51415	4	0,628538		
Total (Corr.)	50,0654	7			

El StatAdvisor

La tabla ANOVA descompone la varianza de firmeza en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 25,2179, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de firmeza entre un nivel de Formula y otro, con un nivel del 95,0% de confianza. Para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, seleccione Pruebas de Múltiples Rangos, de la lista de Opciones Tabulares.

Tabla 7. Pruebas de Múltiples Rangos para firmeza por fórmula

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>Formula</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
F3	2	8,765	X
F1	2	8,93	X
F2	2	9,065	X
F4	2	14,545	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
F1 - F2		-0,135	3,22744
F1 - F3		0,165	3,22744
F1 - F4	*	-5,615	3,22744
F2 - F3		0,3	3,22744
F2 - F4	*	-5,48	3,22744
F3 - F4	*	-5,78	3,22744

* Indica una diferencia significativa.

El StatAdvisor

Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. El asterisco que se encuentra al lado de los 3 pares indica que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95,0% de confianza. En la parte superior de la página, se han identificado 2 grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey. Con este método hay un riesgo del 5,0% al decir que uno o más pares son significativamente diferentes, cuando la diferencia real es igual a 0.

Anéxo 4. Evidencias de la elaboración del chocolate

Figura 8. *Tostado del cacao*



Figura 9. *Descascarillado del cacao*



Figura 10. *Molido del cacao*



Figura 11. *Conchado de la pasta de cacao*



Figura 12. *Temperado del chocolate*



Figura 13. *Moldeado y refrigerado del chocolate*



Figura 14. *Producto terminado chocolate*



Figura 15. *Producto envasado y almacenado chocolate*



Anexo 5. Evidencias de la evaluación sensorial con 12 consumidores

Figura 16. *Evaluación sensorial Rata para el léxico sensorial con 12 consumidores*



Anexo 6. Evidencias de la evaluación sensorial con 112 consumidores

Figura 17. *Evaluación RATA con 112 consumidores*



Anexo 7. Evidencias de las características fisicoquímicas

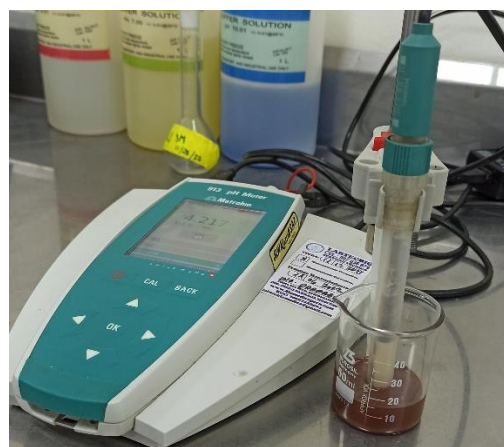
Figura 18. *Análisis de Actividad de agua (A_w) del chocolate*



Figura 19. *Análisis de humedad del chocolate*



Figura 20. *Análisis del potencial de hidrógeno (pH) del chocolate*



Anexo 8. Evidencia del análisis de textura instrumental del chocolate

Figura 21. *Tenacidad y firmeza del chocolate*

