



**UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE
MENDOZA DE AMAZONAS**

FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERA AGROINDUSTRIAL**

**COMPORTAMIENTO REOLÓGICO Y PROPIEDADES
FUNCIONALES DE CHOCOLATES OSCUROS CON
INCORPORACIÓN DE ARAZÁ (*Eugenia stipitata*)**

Autor: Bach. Roxana Jakeline Rodriguez Pérez

Asesor: Ms. Efraín Manuelito Castro Alayo

Co-asesor: Ph.D. Ilse Silvia Cayo Colca

Registro (.....)

CHACHAPOYAS - PERÚ

2020

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado con todo mi amor a mis padres Justina Pérez y Jorge Rodríguez, por su apoyo incondicional, estar siempre presentes en cada etapa de mi vida expresándome su gran amor. Por encaminarme y formarme en la persona que soy y seré. Muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluye este.

A mis Hermanos Carlos, Jhosselyn y Jorge Jhuniór Rodríguez Pérez, a mi novio José Gómez Castañeda y a toda mi familia por su comprensión, aliento ofrecido y confianza que me brindaron para cumplir mis metas y objetivos.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, a Dios ya que sin el nada es posible, por haberme dado la sabiduría, paciencia, fuerza de voluntad y ser mi guía por el buen sendero para superar obstáculos y protegerme durante todo mi camino.

A la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, institución a la cual le debo mi realización profesional, en especial a la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agraria, docentes y técnicos, por brindar sus conocimientos para culminar la ejecución de mi proyecto de tesis.

Al proyecto “Equipamiento Científico 2018-0: Influencia de la distribución de tamaño de partícula y polimorfismo de la grasa de cacao fino de aroma en la calidad de chocolates funcionales”, por permitirme trabajar como su tesista de pre grado y poder hacer posible la realización de este proyecto a través de su financiamiento.

Al Ing. MSC. Efraín Manuelito Castro Alayo asesor de la tesis, por darme la oportunidad de trabajar a su lado, apoyarme, por su valiosa colaboración académica y experimental a lo largo del desarrollo del presente trabajo.

A la Ph.D. Ilse Silvia Cayo Colca, coasesora de la tesis, a la Ing. Llisela Torrejon Valqui, Ing. Milagros Sadith Granda Santos, por su confianza, enseñanzas y sugerencias brindadas para mejorar este trabajo.

**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO
RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**

Dr. Policarpio Chauca Valqui

RECTOR

Dr. Miguel Ángel Barrena Gurbillón

VICERRECTOR ACADÉMICO

Dra. Flor Teresa García Huamán

VICERRECTORA DE INVESTIGACIÓN

Msc. Erick Aldo Auquiñivin Silva

DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS

VISTO BUENO DEL ASESOR DE LA TESIS

EL Docente de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas que suscribe, hace constar que ha asesorado la realización de la tesis titulada **COMPORTAMIENTO REOLÓGICO Y PROPIEDADES FUNCIONALES DE CHOCOLATES OSCUROS CON INCORPORACIÓN DE ARAZÁ (*Eugenia stipitata*)**; presentado por la tesista de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias, egresado de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Agroindustrial, Bach. Roxana Jakeline Rodriguez Pérez.

El suscrito da su visto bueno al informe de la mencionada tesis, dándole pase para ser sometida a la revisión por el jurado evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de las observaciones que formulen, para su posterior sustentación.



Ing. MSC Efraín Manuelito Castro Alayo
Docente de la UNTRM

VISTO BUENO DEL COASESOR DE LA TESIS

EL Docente de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas que suscribe, hace constar que ha asesorado la realización de la tesis titulada **COMPORTAMIENTO REOLÓGICO Y PROPIEDADES FUNCIONALES DE CHOCOLATES OSCUROS CON INCORPORACIÓN DE ARAZÁ (*Eugenia stipitata*)**; presentado por la tesista de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias, egresado de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Agroindustrial, Bach. Roxana Jakeline Rodriguez Pérez.

El suscrito da su visto bueno al informe de la mencionada tesis, dándole pase para ser sometida a la revisión por el jurado evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de las observaciones que formulen, para su posterior sustentación.

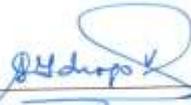


Ph.D. Ilse Silvia Cayo Colca
Docente de la UNTRM

JURADO EVALUADOR



MS. Sc. Armstrong Barnard Fernández Jeri
Presidente



Ing. Idrogo Vásquez Guillermo
Secretario



Ing. Ms. Robert Javier Cruzalegui Fernández
Vocal

DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO

Yo, Roxana Jakeline Rodríguez Pérez identificado con DNI N° 60349819, Bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

Declaro bajo juramento que:

- I. Soy autor de la tesis titulada:
COMPORTAMIENTO REOLÓGICO Y PROPIEDADES FUNCIONALES DE CHOCOLATES OSCUROS CON INCORPORACIÓN DE ARAZÁ (*Eugenia stipitata*).
La misma que presento para optar: Título Profesional de Ingeniería Agroindustrial.
- II. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
- III. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
- IV. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
- V. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificadas, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo toda la responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada. Asimismo, por la presente me comprometo a asumir además todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse para la UNTRM en favor de terceros por motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontraren causa en el contenido de la tesis.

De identificarse fraude, piraterías, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones civiles y penales que de mi acción se deriven.

Chachapoyas, 30 de diciembre del 2019

viii



60349819



ANEXO 3-N

**ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL**

En la ciudad de Chachapoyas, el día 03 de Marzo del año 2020, siendo las 3:00pm horas, el aspirante Florena Jakeline Rodríguez Pérez defiende en sesión pública la Tesis titulada: "Comportamiento reológico y propiedades funcionales de chocolates oscuros con incorporación de araza (Eugenia stipitata)"

para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial, a ser otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, ante el Jurado Evaluador, constituido por:



Presidente : Ms.Sc. Armstrong Bernard Fernández Jeri
Secretario : Ing. Idrogo Vázquez Guillermo
Vocal : Ing. Ms. Robert Javier Cruzalegui Fernández

Procedió el aspirante a hacer la exposición de la Introducción, Material y método, Resultados, Discusión y Conclusiones, haciendo especial mención de sus aportaciones originales. Terminada la defensa de la Tesis presentada, los miembros del Jurado Evaluador pasaron a exponer su opinión sobre la misma, formulando cuantas cuestiones y objeciones consideraron oportunas, las cuales fueron contestadas por el aspirante.

Tras la intervención de los miembros del Jurado Evaluador y las oportunas respuestas del aspirante, el Presidente abre un turno de intervenciones para los presentes en el acto, a fin de que formulen las cuestiones u objeciones que consideren pertinentes.

Seguidamente, a puerta cerrada, el Jurado Evaluador determinó la calificación global concedida la Tesis para obtener el Título Profesional, en términos de:

Aprobado () Desaprobado ()

Otorgada la calificación, el Secretario del Jurado Evaluador lee la presente Acta en sesión pública. A continuación se levanta la sesión.

Siendo las 4:30pm horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional.

[Signature]
SECRETARIO

[Signature]
VOCAL

[Signature]
PRESIDENTE

OBSERVACIONES:

INDICE GENERAL

| | |
|---|-----|
| DEDICATORIA | ii |
| AGRADECIMIENTOS | iii |
| AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS | iv |
| VISTO BUENO DEL ASESOR DE LA TESIS | v |
| VISTO BUENO DEL COASESOR DE LA TESIS | vi |
| JURADO EVALUADOR..... | vii |
| DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO | vii |
| ACTA DE EVALUACIÓN Y SUSTENTACIÓN DE TESIS..... | ix |
| ÍNDICE GENERAL..... | x |
| ÍNDICE TABLAS' | xi |
| ÍNDICE DE FIGURAS | xii |
| RESUMEN | xiv |
| ABSTRACT..... | xv |
| I. INTRODUCCIÓN | 16 |
| II. MATERIAL Y METODO..... | 18 |
| 2.1. Material vegetal..... | 18 |
| 2.2. Reactivos químicos | 18 |
| 2.3. Preparación del chocolate | 18 |
| 2.4. Análisis químico..... | 19 |
| 2.4.1. Preparación de los extractos fenólicos de chocolate oscuro, pasta de cacao y arazá | 19 |
| 2.4.2. Cuantificación de compuestos fenólicos totales (CFT) | 19 |
| 2.4.3. Determinación de la capacidad antioxidante | 20 |
| 2.5. Análisis físico..... | 20 |
| 2.5.1. Textura..... | 20 |
| 2.5.2. Propiedades reológicas | 21 |
| 2.6. Análisis sensorial | 21 |
| III. RESULTADOS | 23 |
| IV. DISCUSIÓN | 25 |
| 4.1. Análisis químicos de chocolates oscuros | 25 |
| 4.2. Textura y propiedades reológicas..... | 26 |
| 4.3. Análisis sensorial | 26 |

| | |
|---------------------------------------|----|
| V. CONCLUSIONES | 28 |
| VI. RECOMENDACIÓN | 29 |
| VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 30 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Formulación para la elaboración de chocolate oscuro con incorporación de arazá | 19 |
| Tabla 2 Promedios según puntaje de perfil sensorial de chocolates oscuros con incorporación de arazá | 22 |
| Tabla 3. Análisis químico de chocolates oscuros con incorporación de arazá y sus principales ingredientes | 23 |
| Tabla 4. Análisis físico de chocolates oscuros con incorporación de arazá | 23 |
| Tabla 5. Análisis sensorial de chocolates oscuros con incorporación de arazá | 24 |
| Tabla 6. Resultados de capacidad antioxidante | 34 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Actividad antioxidante PLA..... | 35 |
| Figura 2. Actividad antioxidante pasta de cacao | 35 |
| Figura 3. Actividad antioxidante de chocolate testigo..... | 36 |
| Figura 4. Actividad antioxidante de chocolate con 1% PLA..... | 36 |
| Figura 5. Actividad antioxidante de chocolate con 1.5 % PLA..... | 37 |
| Figura 6. Actividad antioxidante de chocolate con 2% PLA..... | 37 |
| Figura 7. Resultados análisis reológico de un chocolate testigo..... | 40 |
| Figura 8. Resultados análisis reológico de un chocolate oscuro con 1% de PLA | 40 |
| Figura 9. Resultados análisis reológico de un chocolate oscuro con 1.5% de PLA | 41 |
| Figura 10. Resultados análisis reológico de un chocolate oscuro con 2% de PLA | 41 |
| Figura 11. Pulpa de arazá..... | 46 |
| Figura 12. liofilización de arazá | 46 |
| Figura 13. Tostado de granos de cacao | 47 |
| Figura 14. Obtención de pasta de cacao | 47 |
| Figura 15. Elaboración de chocolate con pulpa liofilizada de arazá | 47 |
| Figura 16. Moldeado..... | 48 |
| Figura 17. Indicaciones para realizar la prueba sensorial..... | 48 |
| Figura 18. Panelistas realizando prueba sensorial del chocolate con PLA..... | 48 |
| Figura 19. Prueba de textura | 49 |
| Figura 20. Evaluación del comportamiento reológico de los chocolates con PLA | 49 |
| Figura 21. Proceso de desgrasado para la evaluación química de los chocolates con PLA | 49 |
| Figura 22. Extractos de muestras desgrasadas..... | 50 |
| Figura 23. Preparando solución madre | 50 |
| Figura 24. proceso de evaluación de fenoles | 50 |
| Figura 25. Proceso de evolución de antioxidantes..... | 51 |

RESUMEN

La tendencia en la fabricación de alimentos se inclina hacia el consumo de alimentos funcionales. Se ha demostrado que los chocolates poseen propiedades funcionales que son otorgadas por los granos de cacao del cual están hechos. En el presente estudio se evaluó el comportamiento reológico, propiedades funcionales y sensoriales de chocolates oscuros elaborados con granos de cacao criollo e incorporación de pulpa liofilizada de arazá (PLA) en diferentes porcentajes (1; 1,5 y 2%). No hubo cambios significativos en la textura de chocolate testigo y los tratamientos. El rendimiento de Casson aumentó a medida que se incrementó el porcentaje de PLA y sucedió lo contrario con la viscosidad plástica de Casson. Las propiedades funcionales de los chocolates mostraron un contenido fenólico total (CFT) entre $13,52 \pm 1,90$ y $18,73 \pm 0,72$ y actividad antioxidante entre $0,005 \pm 0,004$ y $0,010 \pm 0,003$, medidos como IC_{50} . En el análisis sensorial, los tratamientos y testigo mostraron una puntuación de 7 en escala hedónica (me gusta moderadamente). Se demostró que, a las concentraciones de PLA utilizadas en la formulación de los chocolates oscuros, no se mejoran las propiedades funcionales del producto final.

Palabras claves: *Chocolate, pulpa liofilizada de arazá, reología, textura, análisis sensorial.*

ABSTRACT

The trend in food manufacturing leans towards the consumption of functional foods. It has been shown that chocolates have functional properties that are granted by the cocoa beans from which they are made. In the present study the rheological behavior, functional and sensory properties of dark chocolates made with criollo cocoa beans and incorporation of lyophilized arazá pulp (PLA) in different percentages (1; 1.5 and 2%) were evaluated. There were no significant changes in the texture of control chocolate and treatments. Casson's performance increased as the percentage of PLA increased and the opposite happened with Casson's plastic viscosity. The functional properties of the chocolates showed a total phenolic content (CFT) between 13.52 ± 1.90 and 18.73 ± 0.72 and antioxidant activity between 0.005 ± 0.004 and 0.010 ± 0.003 , measured as IC50. In the sensory analysis, the treatments and control showed a score of 7 on a hedonic scale (I like it moderately). It was shown that, at the concentrations of PLA used in the formulation of dark chocolates, the functional properties of the final product are not improved.

Keywords: Chocolate, lyophilized pulp of arazá, rheology, texture, sensory analysis.

I. INTRODUCCIÓN

El chocolate es consumido por personas de todas las edades en todos los segmentos de la sociedad en todo el mundo. La popularidad de este alimento se asocia principalmente a su potencial para despertar placer sensorial y emociones positivas (Konar et al., 2016). Los chocolates oscuros son suspensiones de partículas de sacarosa y cacao, recubiertas con fosfolípidos en una fase grasa continua, generalmente manteca de cacao, con un contenido total de sólidos del 65% al 75% (Ostrowska-Ligęza et al., 2019), su formulación consiste principalmente en licor de cacao, azúcar y manteca de cacao (Glicerina, Balestra, Dalla Rosa, & Romani, 2016). La aceptación del chocolate por parte del consumidor se basa principalmente en la apariencia, el sabor y la sensación en la boca (Bolenz *et al.*, 2014). El comportamiento reológico es un atributo de calidad muy importante del chocolate (Saputro et al., 2019).

El estudio de la reología del chocolate es importante porque está relacionado tanto con la eficiencia de los pasos principales del proceso, la calidad final y las características sensoriales del producto, desde un punto de vista reológico, el chocolate oscuro exhibe un comportamiento complejo, es decir, muestra un esfuerzo de rendimiento aparente (cantidad mínima de energía para iniciar el flujo de fluido) y una viscosidad plástica (energía para mantener el fluido en movimiento), estrictamente dependiente del proceso de fabricación (Glicerina et al., 2016).

La creciente conciencia sobre el vínculo entre una alimentación saludable y el bienestar se refleja en las opiniones actuales de los consumidores en general. Los consumidores perciben los alimentos funcionales como un miembro de la categoría de alimentos específica a la que pertenecen. Además, en las economías desarrolladas, una tendencia clave en este momento son los productos de confitería que brindan beneficios funcionales para la salud y el bienestar, como el chocolate funcional (Konar et al., 2016). El desarrollo de nuevos productos en la industria del chocolate con frecuencia se basa en reemplazar los ingredientes tradicionales o en agregar sabores nuevos e ingredientes nutritivos, al tiempo que conserva la textura y la funcionalidad deseables del chocolate (Zhao, Li, & James, 2018). Los fabricantes de chocolate a menudo desarrollan sus propias mezclas originales de granos de cacao que, después del procesamiento, darán propiedades sensoriales únicas a sus chocolates (Żyżelewicz et al., 2018).

El interés del consumidor por el chocolate y sus componentes como alimento funcional, se debe a estudios que indican una relación positiva entre el consumo de chocolate y la reducción del riesgo de enfermedad cardiovascular, el papel del chocolate como alimento funcional se ha centrado principalmente en su contenido de polifenoles, por lo que las industrias de cacao y chocolate están experimentando cambios dinámicos influenciados por el aumento de las demandas de salud en chocolates funcionales (Seem, Yuan, & Tou, 2019).

Una alternativa a la elaboración de chocolates nuevos es el uso de frutas con propiedades funcionales, por ejemplo, el arazá (*Eugenia stipitata*) es una baya comestible con forma de globo, caracterizada por un intenso color amarillo canario, con cáscara delicada, pulpa mucilaginosa blanda y blanca (Baldini et al., 2017), además es una fruta extremadamente aromática y acida, por lo que su presencia en la industria representa una alternativa atractiva, se considera una buena fuente de polifenoles, mostrando una buena capacidad antioxidante y una cantidad fenólica total, el extracto de *E. stipitata* es señalado como un posible candidato para reducir los niveles de glucosa en la sangre al actuar como un agente antidiabético (de Araújo, Neri-Numa, de Paulo Farias, da Cunha, & Pastore, 2019)

El objetivo del presente estudio consistió en evaluar el comportamiento reológico y las propiedades funcionales de chocolates oscuros elaborados con granos de cacao criollo e incorporación de pulpa liofilizada de arazá (PLA) en diferentes porcentajes, para poder comparar cuál de estos porcentajes tiene mayor impacto en las propiedades químicas, físicas y sensoriales del producto final.

II. MATERIAL Y METODO

2.1. Material vegetal

El arazá (*Eugenia stipitata*) fue proporcionado por un agricultor de la comunidad nativa de Tsuntsunsa, distrito de Aramango, provincia de Bagua, departamento de Amazonas, en un estado medio de madurez y luego fue enviado a la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (UNTRM), Laboratorio de Biotecnología Agroindustrial (LBA). Las muestras fueron liofilizadas y molidas hasta polvo (Retch, MM200, Alemania), luego conservadas en viales hasta su análisis correspondiente. Los granos de cacao criollo fueron proporcionados por la Cooperativa de Servicios Múltiples (APROCAM), Bagua, Amazonas, Perú.

2.2. Reactivos químicos

Se utilizó Metanol grado HPLC, reactivo de Folin-Ciocalteu, ácido gálico, carbonato de sodio, éter de petróleo $\geq 90\%$, 2,2-difenil-1-picrylhydrazyl (DPPH), todos fueron adquiridos de Merck KGaA, Germany.

2.3. Preparación del chocolate

Los granos de cacao criollo se seleccionaron teniendo en cuenta su tamaño uniforme. El proceso de tostado se realizó en secador de bandejas (Fischer Agro, Perú) a 110°C, durante 2 horas. Los granos tostados fueron descascarillados (Imsa Perú, DC-C, Perú), obteniendo los nibs de cacao. Luego, se molieron en un molino industrial (Prosol Perú SAC, Tritur -50, Perú) para obtener pasta de cacao. La formulación de los chocolates se realizó de acuerdo con la Tabla 1. Se agregaron los ingredientes al refinador de dos rodillos (Premier, PG508, India) para realizar el proceso de conchado durante 13 horas; a las 12 horas se agregó el polvo liofilizado de arazá. El chocolate se temperó en un templador controlando temperaturas de 28°C y 34°C, se moldeó pesando 45 g de masa por cada barra de chocolate, se refrigeró por 30 minutos aproximadamente y fueron envasados en papel aluminio para ser almacenados a 8°C hasta su posterior análisis fisicoquímico y sensorial.

Tabla 1. Formulación para la elaboración de chocolate oscuro con incorporación de arazá

| Ingredientes (%) | Tratamientos | | | |
|------------------|--------------|-----|-------|-----|
| | Testigo | T1 | T2 | T3 |
| Pasta de cacao | 70% | 70% | 70% | 70% |
| Azúcar | 25% | 24% | 23.5% | 23% |
| Manteca de cacao | 5% | 5% | 5% | 5% |
| Arazá | 0% | 1% | 1.5% | 2% |

2.4. Análisis químico

2.4.1. Preparación de los extractos fenólicos de chocolate oscuro, pasta de cacao y arazá

Cinco gramos de chocolates y pasta de cacao fueron desgrasados en un extractor de grasas (JP-Selecta, Det-Grasa N, España). De acuerdo con (Gültekin-Özgülven, Berktaş, & Özçelik, 2016), un gramo de chocolate y pasta de cacao desgrasados fueron mezclados con 10 mL de una solución metanólica al 80%; luego se agitó en vortex por un minuto, se llevó a baño de ultrasonido por 10 minutos a 30°C y centrifugado a 3000 rpm por 10 minutos, el sobrenadante fue colocado en viales y conservado en refrigeración. El extracto de arazá fue obtenido de la misma manera, excepto que no fue necesario desgrasar la muestra de polvo liofilizado de arazá.

2.4.2. Cuantificación de compuestos fenólicos totales (CFT)

De acuerdo con (Singleton, Orthofer, & Lamuela-Raventos, 1999) (Pantelidis, Vasilakakis, Manganaris, & Diamantidis, 2007); 0,05 mL de extracto diluido y 0,45 mL de agua ultrapura fueron mezclados con 2,5 mL de reactivo Folin-Ciocalteu diluido 1:10, seguido por 2 mL de solución de carbonato de sodio al 7,5% (p/v), después de 5 minutos a 50°C, se midió la absorbancia a 760 nm en espectrofotómetro (Unico, S2100, Estados Unidos). El contenido fenólico de las muestras fue cuantificado a partir de la curva de ácido gálico y los resultados fueron expresados como equivalente ácido gálico (EAG) por

100 g de peso seco de muestra. La curva de calibración ($y = 0,1073 + 0,0009x$) fue preparada a partir de diluciones de ácido gálico en el rango de 0 – 2500 ppm y mostró una buena linealidad ($R^2 = 0.9952$).

2.4.3. Determinación de la capacidad antioxidante

Se determinó siguiendo el método de DPPH desarrollado de acuerdo a (Żyżelewicz et al., 2018) (Scherer & Godoy, 2009) (Brand-Williams, Cuvelier, & Berset, 1995) con algunas modificaciones, se preparó una solución metanólica (80%) de radical DPPH (solución B) pesando 0,005 g de radical DPPH en 100 mL de dicha solución metanólica. Adicionalmente, se preparó otra solución metanólica 80 % para las diluciones (solución C). Posteriormente, se preparó diluciones de extracto + solución metanólica C en las concentraciones de 1:1, 1:2, 1:5, 1:10 y 1:20 (solución A). Se preparó 7 tubos de ensayo conteniendo 0,1 mL de solución A y 3,9 mL de solución B. El control fue 0,1 mL de solución C y 3,9 mL de solución B. La absorbancia de las muestras fue medida a 517 nm en espectrofotómetro (Unico, S2100, Estados Unidos), después de 30 min de reacción en la oscuridad. Se calculó el porcentaje de inhibición del radical DPPH a partir de la ecuación 1, donde Abs_0 fue la absorbancia del control y Abs_1 fue la absorbancia de la muestra. La concentración de extracto que produjo el 50% de inhibición (IC_{50}) del radical DPPH fue calculado a partir de la gráfica del porcentaje de inhibición versus la concentración de extracto (Oke, Aslim, Ozturk, & Altundag, 2009).

$$I\% = \left(\frac{Abs_0 - Abs_1}{Abs_0} \right) * 100 \quad (1)$$

2.5. Análisis físico

2.5.1. Textura

Para realizar el análisis de textura, las muestras de chocolate se dejaron a temperatura ambiente por 1 hora. De acuerdo con (Biswas, Cheow, Tan, & Siow, 2017), con algunas modificaciones, la dureza (carga máxima requerida para penetrar en la muestra) de los chocolates se midió con un analizador de textura (CT3 Texture analyzer, Brookfield, Estados Unidos) equipado con una celda de carga de 25 kg y una sonda TA2/1000 de acero inoxidable. Se utilizó los siguientes parámetros: altura del producto 0.70 mm, longitud 55 mm, anchura 50 mm, profundidad de penetración 3 mm, velocidad test 0.50 mm/s, velocidad de prueba 2 mm/s, y la duración de la prueba a 1–2 min.

2.5.2. Propiedades reológicas

Las medidas de comportamiento reológico se realizó según el método oficial de la Oficina Internacional de confitería de cacao, chocolate y azúcar (OICCC). Se utilizó un reómetro (MCR 92, Anton Paar, Austria), equipado con una geometría de cilindro concéntrico. Los chocolates se calentaron a 50°C minutos antes de la medición. Cada medición fue repetida tres veces. Los resultados obtenidos fueron rendimiento Casson (Pa) y viscosidad plástica de Casson (Pa.s).

2.6. Análisis sensorial

El perfil sensorial del chocolate se llevó a cabo para determinar las preferencias del consumidor hacia el chocolate oscuro con incorporación de arazá en tres presentaciones. Los chocolates se evaluaron mediante la prueba de escala hedónica siguiendo el método de (Abdul Halim, Selamat, Mirhosseini, & Hussain, 2018). La prueba sensorial se realizó en el laboratorio de biotecnología agroindustrial (LBA). 50 estudiantes de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias (FICA), entre mujeres y varones fueron seleccionados como panelistas de la prueba sensorial. El rango de edad para los panelistas fue de 20 a 30 años. Las muestras de chocolate se mantuvieron a temperatura ambiente (20°C) durante 1 h antes de la evaluación. Se les entregó 12 hojas, una para cada tratamiento con su repetición y se les brindó una pequeña instrucción indicándoles la forma en que se iba a realizar el test. Se sirvieron cuatro tipos de muestras de chocolate con sus tres repeticiones y se les brindó un vaso con agua y galletas de agua para ser utilizado después de casa análisis de muestra de chocolate. Las dimensiones de las muestras fueron de 2.5x1.3x0.7 (cm). Se pidió a cada panelista que de un puntaje de 1 (me disgusta muchísimo) a 9 (me gusta muchísimo) utilizando escala hedónica para atributos como color, brillo, dureza, sabor y aceptabilidad general, tal como se muestra en el anexo 5.

Tabla 2 Promedios según puntaje de perfil sensorial de chocolates oscuros con incorporación de arazá

| ENCUESTA PERFIL SENSORIAL | | | |
|---------------------------|--------------|---------------------------|----------------|
| N° | Tratamientos | Promedio por repeticiones | Promedio final |
| 1 | T1R1 | 7.35 | |
| 2 | T1R2 | 7.44 | 7.38 |
| 3 | T1R3 | 7.344 | |
| 4 | T2R1 | 7.52 | |
| 5 | T2R2 | 7.56 | 7.55 |
| 6 | T2R3 | 7.58 | |
| 7 | T3R1 | 7.08 | |
| 8 | T3R2 | 7.28 | 7.25 |
| 9 | T3R3 | 7.39 | |
| 10 | T4R1 | 7.38 | |
| 11 | T4R2 | 7.46 | 7.43 |
| 12 | T4R3 | 7.46 | |

III. RESULTADOS

Tabla 3. Análisis químico de chocolates oscuros con incorporación de arazá y sus principales ingredientes

| Muestras | mgAGE/g muestra | IC ₅₀ |
|------------------------------|-----------------|----------------------------|
| Ingrediente | | |
| Pulpa liofilizada de arazá | 7,01 ± 1,45c | 0,021 ± 0,004 ^a |
| Pasta de cacao | 18,73 ± 2,64a | 0,006 ± 0,003b |
| Producto | | |
| Testigo | 17,09 ± 0,3ab | 0,005 ± 0,004b |
| Chocolate con 1% de arazá | 16,34 ± 2,03ab | 0,005 ± 0,002b |
| Chocolate con 1.5% de arazá. | 18,73 ± 0,72a | 0,010 ± 0,003b |
| Chocolate con 2% de arazá | 13,52 ± 1,90b | 0,006 ± 0,002b |

Todos los valores se muestran como media ± desviaciones estándar (n = 3).

Las diferentes letras en la misma columna indican diferencias significativas (p<0,05).

La tabla 2 muestra los resultados obtenidos de compuestos fenólicos totales y la capacidad antioxidante de los ingredientes y chocolates oscuros enriquecidos con PLA.

Tabla 4. Análisis físico de chocolates oscuros con incorporación de arazá

| Chocolate | Dureza (g) | Rendimiento Casson (Pa) | Viscosidad plástica de Casson (Pa·s) |
|------------------------------|-------------------------|----------------------------|---|
| Testigo | 5670 ± 1753a | 16,16 ± 0,57b | 2,15 ± 0,02a |
| Chocolate con 1% de arazá | 5329 ± 2052a | 18,04 ± 0,97ab | 1,80 ± 0,02ab |
| Chocolate con 1.5% de arazá. | 6070 ± 267a | 19,67 ± 1,35a | 1,68 ± 0,03b |
| Chocolate con 2% de arazá | 5503 ± 296 ^a | 19,63 ± 1,16a | 2,11 ± 0,34ab |

Todos los valores se muestran como media ± desviaciones estándar (n = 3).

Las diferentes letras en la misma columna indican diferencias significativas (p<0,05).

La tabla 3 muestra la textura expresado en dureza y el comportamiento reológico expresados en rendimiento y viscosidad de Casson.

Tabla 5. Análisis sensorial de chocolates oscuros con incorporación de arazá

| Chocolate | Brillo | Color | Dureza | Sabor | Aceptabilidad general |
|------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|------------------------------|
| Testigo | 7,9 ± 0,10bc | 7,41 ± 0,07bc | 7,37 ± 0,08a | 7,32 ± 0,02b | 7,40 ± 0,05a |
| Chocolate con 1% de arazá | 7,77 ± 0,04a | 7,75 ± 0,03a | 7,29 ± 0,16a | 7,55 ± 0,08a | 7,41 ± 0,04a |
| Chocolate con 1.5% de arazá. | 7,26 ± 0,19c | 7,25 ± 0,17c | 7,19 ± 0,18a | 7,35 ± 0,08ab | 7,21 ± 0,15a |
| Chocolate con 2% de arazá | 7,61 ± 0,10ab | 7,63 ± 0,02ab | 7,22 ± 0,14a | 7,46 ± 0,11ab | 7,25 ± 0,05a |

Todos los valores se muestran como media ± desviaciones estándar (n = 3).

Las diferentes letras en la misma columna indican diferencias significativas (p<0,05).

IV. DISCUSIÓN

4.1. Análisis químicos de chocolates oscuros

La Tabla 2. Muestra los resultados químicos obtenidos para los ingredientes y el chocolate oscuro con incorporación de arazá. El valor más alto de CFT se encontró en la pasta de cacao ($18,73 \pm 2,64$ mgAGE/g muestra) y en el chocolate con 1.5% de arazá ($18,73 \pm 0,72$ mgAGE/g muestra), ambos con la misma significancia; mientras que el más bajo se encontró en la pulpa liofilizada de arazá ($7,01 \pm 1,45$ mgAGE/g muestra) sin ninguna significancia con la pasta de cacao y los chocolates. Por otro lado, no se muestra el efecto de la pulpa liofilizada sobre los tratamientos, ya que su incorporación no incrementó el CFT de ningún tratamiento, esto se verifica en el sentido de que todos los chocolates, incluyendo el testigo, tuvieron un CFT menor que la pasta de cacao, la cual es su materia prima. Es posible que la mejora en el CFT de los chocolates se logre con la incorporación de un mayor porcentaje de PLA, pero corriendo el riesgo de que tal vez no sea del agrado del consumidor debido a su alto nivel de acidez que le incorpora esta fruta. Respecto a la capacidad antioxidante, no se encontró diferencias significativas entre la pasta de cacao y los chocolates; así mismo, el polvo liofilizado de arazá mostró una capacidad más baja ($IC_{50} 0,021 \pm 0,004$) para inhibir el radical DPPH, entonces, las concentraciones de polvo liofilizado de arazá utilizados en el chocolate oscuro, no lograron mejorar la capacidad antioxidante del producto. En chocolates oscuros con 70% de pasta de cacao, (Mudenuiti et al., 2018) y (Vertuani et al., 2014) encontraron 15,8 y 20 mg AGE/g, respectivamente; mientras que, en pasta de cacao, (Vertuani et al., 2014) encontró 36,62 mg AGE/g, estos trabajos se hicieron en chocolates cuya materia prima fue cacao Forastero. Esta amplia diferencia en los resultados con los chocolates oscuros estudiados, se debe principalmente a la variedad de cacao empleada. Los resultados de CFT de los chocolates oscuros estudiados, también concuerdan con el trabajo de (Todorovic et al., 2015), quienes analizaron chocolates oscuros con 70% de cacao e incorporación de frambuesas, puesto que, tampoco se obtuvo diferencias significativas en el CFT; sin embargo, si se obtuvo diferencias en la capacidad antioxidante en comparación con los testigos; lo cual difiere con los resultados de la Tabla 2.

4.2. Textura y propiedades reológicas

Los resultados mostrados en la Tabla 3, demuestran que no existe diferencia significativa entre el chocolate testigo y los chocolates con incorporación de arazá. Sin embargo, se demuestra que el chocolate con 1.5% de arazá tiene mayor dureza. Esto podría deberse al efecto de una mayor compactación de la grasa del cacao, según lo establecido por (Lončarević et al., 2018). Según los datos mostrados en la Tabla 3, el rendimiento de Casson del chocolate testigo ($16,16 \pm 0,57$ Pa) fue significativamente diferente del tratamiento con 1.5% de arazá ($19,67 \pm 1,35$ Pa) y el tratamiento con 2% de arazá ($19,63 \pm 1,16$ Pa), mostrando un mayor rendimiento de Casson al incrementar el porcentaje de incorporación de PLA. En cambio, para la viscosidad plástica de Casson se observa que el chocolate testigo mostró un valor mayor ($2,15 \pm 0,02$ Pas) que los tratamientos, observándose diferencias significativas entre ellos, entonces se demuestra que a mayor porcentaje de incorporación de PLA, la viscosidad de Casson tiende a disminuir, esto se debe a que el comportamiento reológico del chocolate se define principalmente por la composición de sus ingredientes (Pajin et al., 2013) y del proceso de fabricación (Afoakwa, Paterson, & Fowler, 2007).

4.3. Análisis sensorial

El chocolate es un alimento que activa los centros de placer en el cerebro humano, un buen chocolate debe tener un color marrón claro a oscuro continuo y un aspecto brillante. La apariencia del chocolate proporciona una gran influencia en la aceptación del consumidor desde la primera vista (Afoakwa, Paterson, & Fowler, 2007), por lo tanto, la expectativa sensorial es un factor crítico para los consumidores al seleccionar un nuevo tipo de chocolate. Los compuestos de polifenoles pueden causar cambios significativos en las características sensoriales del producto base al que se incorporan (Lončarević et al., 2018). En los resultados de la Tabla 4, se nota una diferencia estadística significativa en la percepción del brillo entre el chocolate testigo ($7,39 \pm 0,10$) y los demás tratamientos, el chocolate con 1% de arazá ($7,77 \pm 0,04$) tuvo el puntaje de brillo más alto, seguido del chocolate con 2% de arazá ($7,61 \pm 0,10$). Respecto al color, el chocolate con 1% de arazá ($7,75 \pm 0,03$) y el chocolate con 2% de arazá ($7,63 \pm 0,02ab$) fueron los que obtuvieron mayor puntaje con ninguna diferencia significativa. Los resultados de dureza no tuvieron ninguna diferencia significativa entre el testigo y los tratamientos, lo mismo pasó con la aceptabilidad general que tampoco evidenció diferencias significativas. La adición de PLA tuvo un impacto significativo ($p < 0.05$) en el sabor del chocolate, el tratamiento con

1% de arazá fue el que obtuvo el máximo puntaje. El análisis sensorial de los tratamientos y testigo mostraron una puntuación de 7 en escala hedónica (me gusta moderadamente).

V. CONCLUSIONES

La incorporación de pulpa liofilizada de arazá en la producción de chocolates oscuros a partir de cacao criollo no aumentó las propiedades funcionales iniciales de la pasta de cacao perdido durante el proceso. Probablemente debido al proceso de conchado en sí y a la baja concentración de pulpa liofilizada de arazá utilizada. Consideramos que es posible mejorar las propiedades funcionales de los chocolates oscuros al aumentar las concentraciones de pulpa liofilizada de arazá, pero esto queda por dilucidar.

Los chocolates oscuros con pulpa liofilizada de arazá muestran una considerable aceptación por parte del consumidor que básicamente se debe a las características aportadas por el arazá, además los chocolates cumplieron con los parámetros reológicos y la textura de un chocolate comercial.

Es aconsejable continuar desarrollando más estudios sobre chocolates funcionales para evaluar su biodisponibilidad en organismos vivos; así como para identificar los compuestos volátiles aportados por la pulpa de liofilizada de arazá.

VI. RECOMENDACIÓN

Se recomienda realizar mayores estudios incrementando el contenido de polvo liofilizado de arazá en el chocolate y agregarlo en rangos más altos para cada tratamiento. Así como, identificar los compuestos volátiles que son aportados al chocolate como resultado de la incorporación de pulpa liofilizada de arazá.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdul Halim, H. S., Selamat, J., Mirhosseini, S. H., & Hussain, N. (2018). Sensory preference and bloom stability of chocolate containing cocoa butter substitute from coconut oil. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, S1658077X17303387. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2018.02.005>
- 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>
- Baldini, T., Neri-Numa, I., do Sacramento, C., Schmiele, M., Bolini, H., Pastore, G., & Bicas, J. (2017). Elaboration and Characterization of Apple Nectars Supplemented with Araçá-boi (*Eugenia stipitata* Mac Vaugh—Myrtaceae). *Beverages*, 3(4), 59. <https://doi.org/10.3390/beverages3040059>
- Biswas, N., Cheow, Y. L., Tan, C. P., & Siow, L. F. (2017). Physical, rheological and sensorial properties, and bloom formation of dark chocolate made with cocoa butter substitute (CBS). *LWT - Food Science and Technology*, 82, 420-428. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.04.039>
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology*, 28(1), 25-30. [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5)
- Glicerina, V., Balestra, F., Dalla Rosa, M., & Romani, S. (2016). 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>
- Gültekin-Özgüven, M., Berktaş, İ., & Özçelik, B. (2016). Influence of processing conditions on procyanidin profiles and antioxidant capacity of chocolates:

- Optimization of dark chocolate manufacturing by response surface methodology. *LWT - Food Science and Technology*, 66, 252-259. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.10.047>
- Konar, N., Toker, O. S., Oba, S., & Sagdic, O. (2016). Improving functionality of chocolate: A review on probiotic, prebiotic, and/or synbiotic characteristics. *Trends in Food Science & Technology*, 49, 35-44. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.01.002>
- Lončarević, I., Pajin, B., Fišteš, A., Tumbas Šaponjac, V., Petrović, J., Jovanović, P., Vulić, J., & Zarić, D. (2018). Enrichment of white chocolate with blackberry juice encapsulate: Impact on physical properties, sensory characteristics and polyphenol content. *LWT*, 92, 458-464. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.03.002>
- Oke, F., Aslim, B., Ozturk, S., & Altundag, S. (2009). Essential oil composition, antimicrobial and antioxidant activities of *Satureja cuneifolia* Ten. *Food Chemistry*, 112(4), 874-879. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.06.061>
- Ostrowska-Ligeza, E., Marzec, A., Górska, A., Wirkowska-Wojdyła, M., Bryś, J., Rejch, A., & Czarkowska, K. (2019). A comparative study of thermal and textural properties of milk, white and dark chocolates. *Thermochimica Acta*, 671, 60-69. <https://doi.org/10.1016/j.tca.2018.11.005>
- Pajin, B., Dokić, L., Zarić, D., Šoronja-Simović, D., Lončarević, I., & Nikolić, I. (2013). Crystallization and rheological properties of soya milk chocolate produced in a ball mill. *Journal of Food Engineering*, 114(1), 70-74. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.06.024>
- Pantelidis, G. E., Vasilakakis, M., Manganaris, G. A., & Diamantidis, G. (2007). Antioxidant capacity, phenol, anthocyanin and ascorbic acid contents in

raspberries, blackberries, red currants, gooseberries and Cornelian cherries. *Food Chemistry*, 7.

- Saputro, A. D., Van de Walle, D., Caiquo, B. A., Hinneh, M., Kluczykoff, M., & Dewettinck, K. (2019). Rheological behaviour and microstructural properties of dark chocolate produced by combination of a ball mill and a liquefier device as small scale chocolate production system. *LWT*, 100, 10-19. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.10.039>
- Scherer, R., & Godoy, H. T. (2009). Antioxidant activity index (AAI) by the 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl method. *Food Chemistry*, 112(3), 654-658. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.06.026>
- Seem, S. A., Yuan, Y. V., & Tou, J. C. (2019). Chocolate and chocolate constituents influence bone health and osteoporosis risk. *Nutrition*, 65, 74-84. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2019.02.011>
- Singleton, V., Orthofer, R., & Lamuela-Raventos, R. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin Ciocalteu reagent. En *Methods in enzymology*. Academic Press.
- Zhao, H., Li, B., & James, B. J. (2018). Structure-fracture relationships in chocolate systems. *LWT*, 96, 281-287. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.05.045>
- Żyżelewicz, D., Budryn, G., Oracz, J., Antolak, H., Kręgiel, D., & Kaczmarska, M. (2018). The effect on bioactive components and characteristics of chocolate by functionalization with raw cocoa beans. *Food Research International*, 113, 234-244. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.07.017>

ANEXOS

Anexo 1. Resultados de contenido de fenoles totales y la actividad antioxidante IC50.

ANOVA unidireccional: mgGAE/g muestra vs. Muestra

Método

Hipótesis nula Todas las medias son iguales

Hipótesis alterna Por lo menos una media es diferente

Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor Niveles Valores

Muestra 6 AR; PAS; T1R; T2R; T3R; TER

Medias

| Muestra | N | Media | Desv. Est | 95% CI |
|---------|---|--------|-----------|------------------|
| AR | 3 | 7.011 | 1.450 | (4.822; 9.201) |
| PAS | 3 | 18.73 | 2.64 | (16.54; 20.92) |
| T1R | 3 | 16.34 | 2.03 | (14.15; 18.53) |
| T2R | 3 | 18.730 | 0.721 | (16.540; 20.920) |
| T3R | 3 | 13.52 | 1.90 | (11.33; 15.71) |
| TER | 3 | 17.086 | 0.925 | (14.896; 19.275) |

Desv. Est. agrupada = 1.74059

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Muestra N Media Agrupación

T2R 3 18.730 A

PAS 3 18.73 A

TER 3 17.086 A B

T1R 3 16.34 A B

T3R 3 13.52 B

AR 3 7.011 C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

ANOVA unidireccional: IC50 vs. Muestra

Método

Hipótesis nula Todas las medias son iguales

Hipótesis alterna Por lo menos una media es diferente

Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor Niveles Valores

Muestra 6 AR; PAS; T1; T2; T3; TE

Medias

Muestra N Media Desv.Est. IC de 95%

AR 3 0.02127 0.00446 (0.01739; 0.02514)

PAS 3 0.00598 0.00317 (0.00211; 0.00985)

T1 3 0.00519 0.00173 (0.00132; 0.00906)

T2 3 0.00997 0.00256 (0.00610; 0.01385)

T3 3 0.00593 0.00210 (0.00206; 0.00980)

TE 3 0.00544 0.00359 (0.00157; 0.00931)

Desv.Est. agrupada = 0.00307680

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Muestra N Media Agrupación

AR 3 0.02127 A

T2 3 0.00997 B

PAS 3 0.00598 B

T3 3 0.00593 B

TE 3 0.00544 B

T1 3 0.00519 B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Tabla 6. Resultados de capacidad antioxidante

| Muestra | Dil_1 | Dil_2 | Dil_3 | Dil_4 | Dil_5 | Blanco | Control | %I1 | %I2 | %I3 | %I4 | %I5 | IC50 |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| AR1 | 0.106 | 0.171 | 0.401 | 0.557 | 0.701 | 0.160 | 0.785 | 86.497 | 78.217 | 48.917 | 29.045 | 10.701 | 0.0161 |
| AR2 | 0.215 | 0.372 | 0.675 | 0.917 | 0.963 | 0.005 | 1.008 | 78.671 | 63.095 | 33.036 | 9.028 | 4.464 | 0.0238 |
| AR3 | 0.224 | 0.403 | 0.702 | 0.821 | 0.950 | 0.007 | 1.008 | 77.778 | 60.020 | 30.357 | 18.552 | 5.754 | 0.0239 |
| PAS1 | 0.111 | 0.115 | 0.159 | 0.474 | 0.730 | 0.006 | 1.113 | 90.027 | 89.668 | 85.714 | 57.412 | 34.412 | 0.0068 |
| PAS2 | 0.103 | 0.105 | 0.275 | 0.514 | 0.735 | 0.005 | 1.055 | 90.237 | 90.047 | 73.934 | 51.280 | 30.332 | 0.0087 |
| PAS3 | 0.138 | 0.170 | 0.198 | 0.267 | 0.524 | 0.010 | 1.074 | 87.151 | 84.171 | 81.564 | 75.140 | 51.210 | 0.0025 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| TER1 | 0.104 | 0.121 | 0.202 | 0.212 | 0.434 | 0.012 | 1.069 | 90.271 | 88.681 | 81.104 | 80.168 | 59.401 | 0.0013 |
| TER2 | 0.123 | 0.122 | 0.208 | 0.533 | 0.791 | 0.002 | 1.141 | 89.220 | 89.308 | 81.770 | 53.287 | 30.675 | 0.0079 |
| TER3 | 0.101 | 0.104 | 0.185 | 0.470 | 0.707 | 0.008 | 1.078 | 90.631 | 90.353 | 82.839 | 56.401 | 34.416 | 0.0071 |
| T1R1 | 0.115 | 0.096 | 0.201 | 0.336 | 0.546 | 0.008 | 1.089 | 89.440 | 91.185 | 81.543 | 69.137 | 49.862 | 0.0036 |
| T1R2 | 0.126 | 0.119 | 0.185 | 0.500 | 0.746 | 0.015 | 1.138 | 88.928 | 89.543 | 83.743 | 56.063 | 34.446 | 0.0070 |
| T1R3 | 0.124 | 0.126 | 0.216 | 0.447 | 0.694 | 0.013 | 1.233 | 89.943 | 89.781 | 82.482 | 63.747 | 43.715 | 0.0050 |
| T2R1 | 0.114 | 0.143 | 0.227 | 0.506 | 0.779 | 0.011 | 1.153 | 90.113 | 87.598 | 80.312 | 56.114 | 32.437 | 0.0075 |
| T2R2 | 0.110 | 0.169 | 0.257 | 0.554 | 0.479 | 0.014 | 0.823 | 86.634 | 79.465 | 68.773 | 32.685 | 41.798 | 0.0097 |
| T2R3 | 0.138 | 0.164 | 0.468 | 0.694 | 0.851 | 0.009 | 1.099 | 87.443 | 85.077 | 57.416 | 36.852 | 22.566 | 0.0126 |
| T3R1 | 0.068 | 0.084 | 0.218 | 0.370 | 0.435 | 0.010 | 0.702 | 90.313 | 88.034 | 68.946 | 47.293 | 38.034 | 0.0084 |
| T3R2 | 0.103 | 0.092 | 0.022 | 0.432 | 0.611 | 0.008 | 1.083 | 90.489 | 91.505 | 97.932 | 60.111 | 43.583 | 0.0047 |
| T3R3 | 0.072 | 0.076 | 0.249 | 0.263 | 0.532 | 0.100 | 0.941 | 92.349 | 91.923 | 73.539 | 72.051 | 43.464 | 0.0048 |

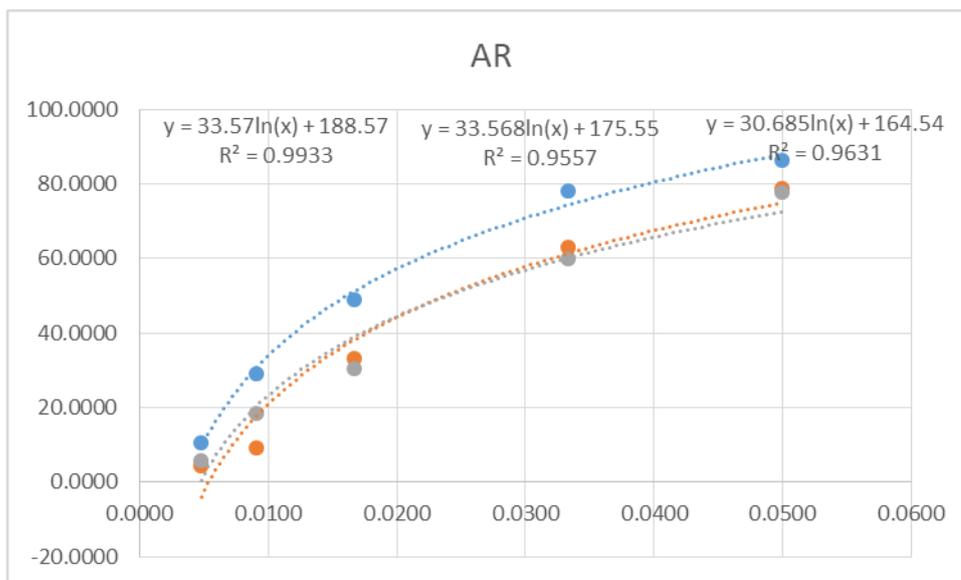


Figura 1. Actividad antioxidante PLA

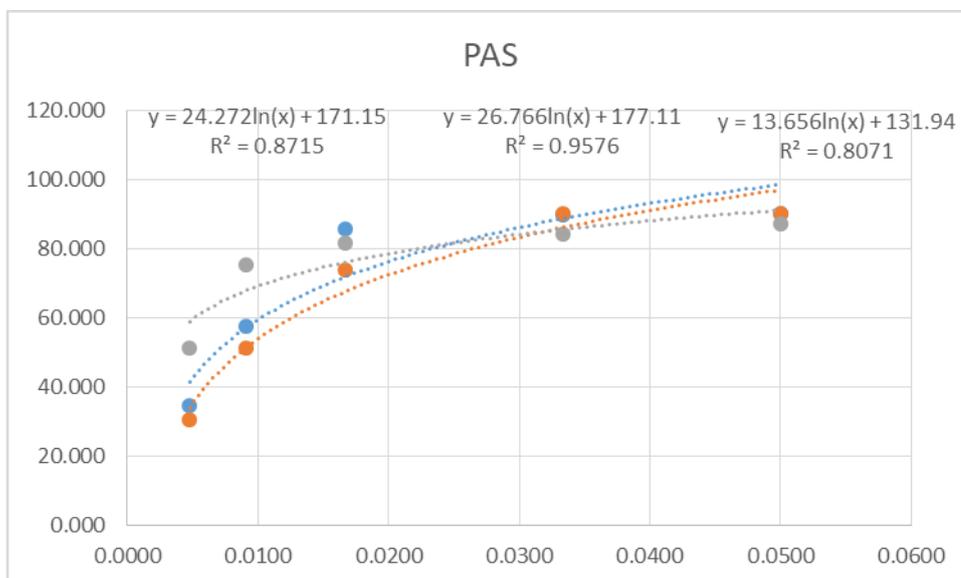


Figura 2. Actividad antioxidante pasta de cacao

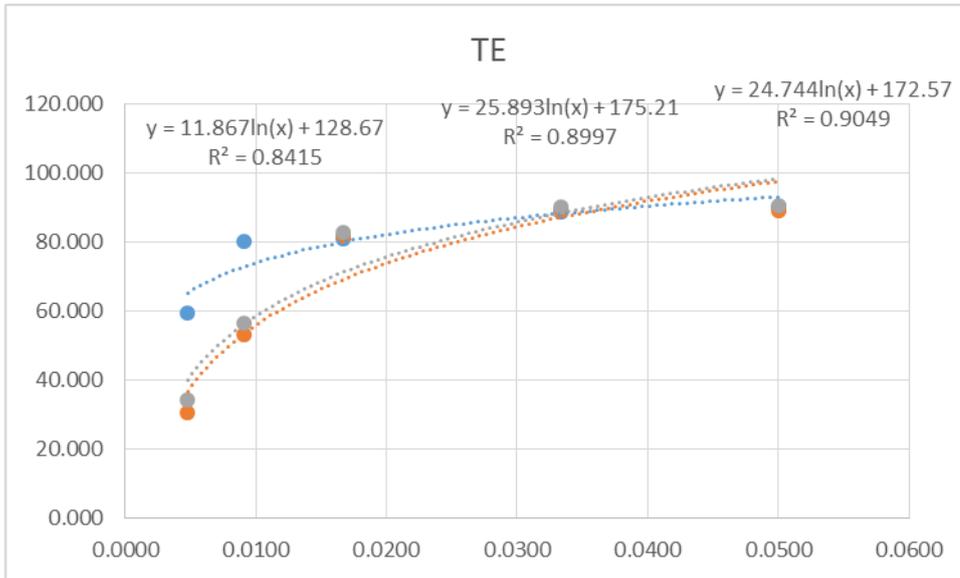


Figura 3. Actividad antioxidante de chocolate testigo

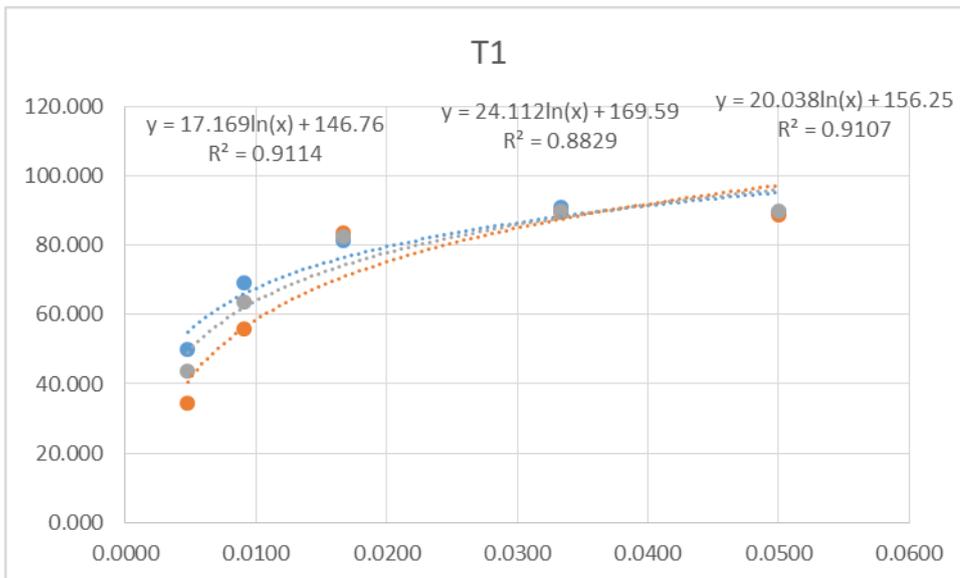


Figura 4. Actividad antioxidante de chocolate con 1% PLA

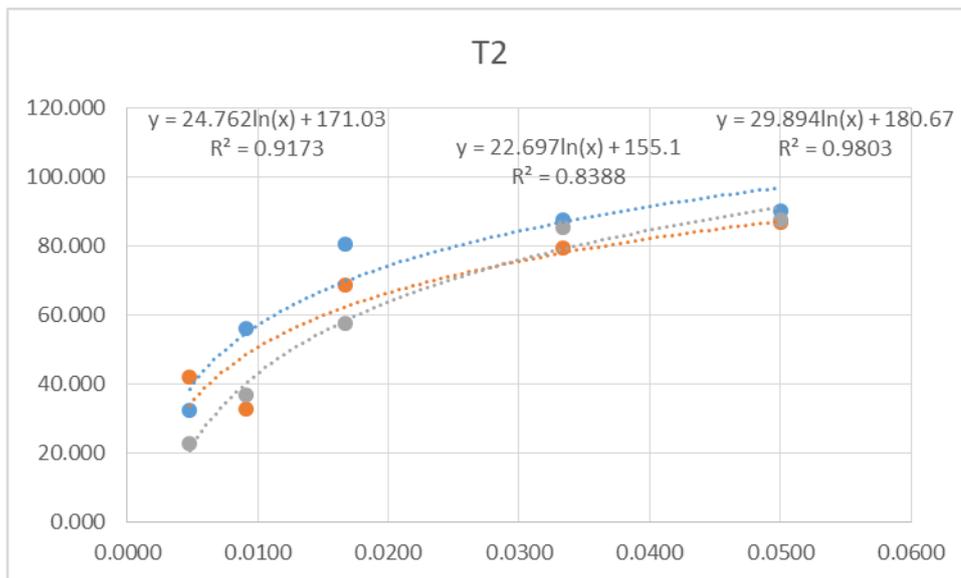


Figura 5. Actividad antioxidante de chocolate con 1.5 % PLA

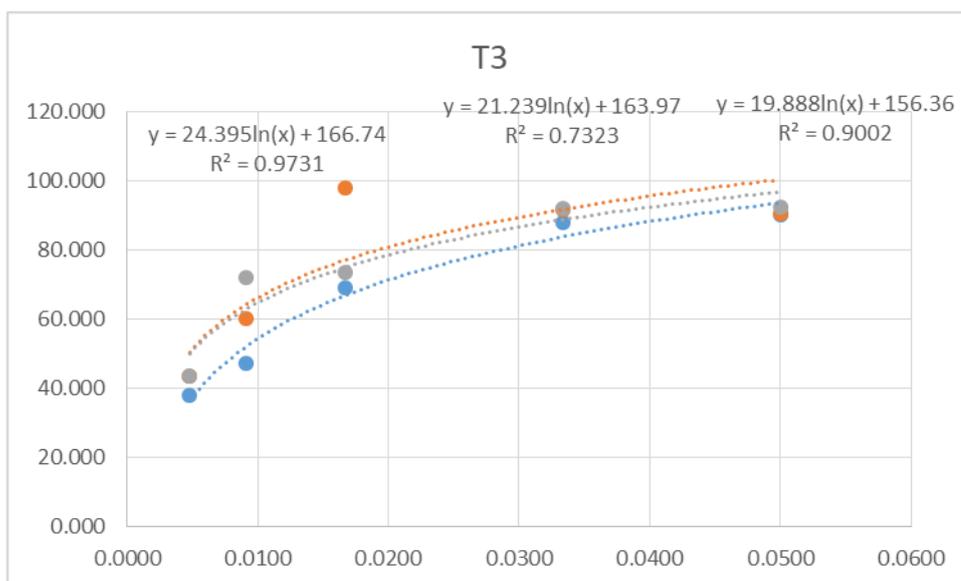


Figura 6. Actividad antioxidante de chocolate con 2% PLA

Anexo 2. Resultados de textura y comportamiento reológico.

ANOVA unidireccional: textura(g) versus Chocolate

Método

Hipótesis nula Todas las medias son iguales

Hipótesis alterna Por lo menos una media es diferente

Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor Niveles Valores

Chocolate 4 T1R; T2R; T3R; TER

Medias

Chocolate N Media Desv.Est. IC de 95%

T1R 3 5329 2052 (3514; 7145)

T2R 3 6070 267 (4254; 7886)

T3R 3 5503 296 (3687; 7318)

TER 3 5670 1753 (3854; 7486)

Desv. Est. agrupada = 1363.72

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Chocolate N Media Agrupación

T2R 3 6070 A

TER 3 5670 A

T3R 3 5503 A

T1R 3 5329 A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

ANOVA unidireccional: Rendimiento Casson (Pa) versus tratamientos

Método

Hipótesis nula Todas las medias son iguales

Hipótesis alterna Por lo menos una media es diferente

Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor Niveles Valores

tratamientos 4 T1; T2; T3; TE

Medias

muestra N Media Desv.Est. IC de 95%

T1 3 18.038 0.974 (16.633; 19.443)

T2 3 19.675 1.351 (18.270; 21.080)

T3 3 19.628 1.163 (18.223; 21.033)

TER 3 16.164 0.572 (14.759; 17.569)

Desv. Est. Agrupada = 1.05523

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

| Muestra | N | Media | Agrupación |
|---------|---|--------|------------|
| T2 | 3 | 19.675 | A |
| T3 | 3 | 19.628 | A |
| T1 | 3 | 18.038 | A B |
| TER | 3 | 16.164 | B |

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anova unidireccional: Viscosidad plástica de Casson (η_{∞}) Pa·s versus Tratamientos

Método

Hipótesis nula Todas las medias son iguales

Hipótesis alterna Por lo menos una media es diferente

Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor Niveles Valores

Tratamientos 4 T1; T2; T3; TER

Medias

| muestra | N | Media | Desv.Est. | IC de 95% |
|---------|---|---------|-----------|--------------------|
| T1 | 3 | 1.79717 | 0.01509 | (1.56867; 2.02566) |
| T2 | 3 | 1.6760 | 0.0316 | (1.4475; 1.9045) |
| T3 | 3 | 2.109 | 0.341 | (1.880; 2.337) |
| TER | 3 | 2.1476 | 0.0230 | (1.9191; 2.3761) |

Desv. Est. Agrupada = 0.171624

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

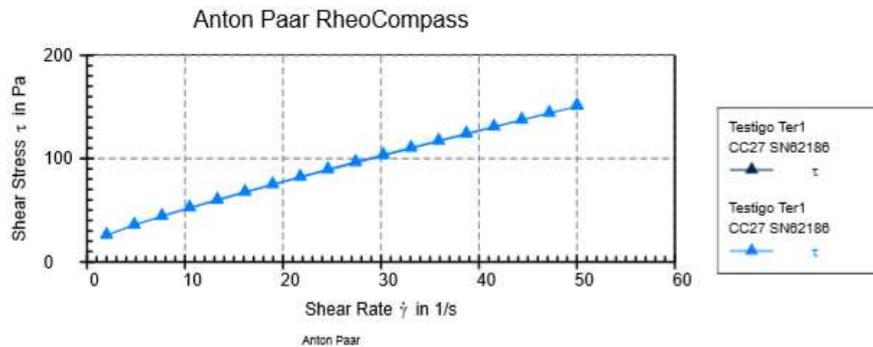
| Muestra | N | Media | Agrupación |
|---------|---|---------|------------|
| TER | 3 | 2.1476 | A |
| T3 | 3 | 2.109 | A B |
| T1 | 3 | 1.79717 | A B |
| T2 | 3 | 1.6760 | B |

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 3. Resultados del comportamiento reológico de un chocolate oscuro

Report:

Chocolate measurement according to IOCCC

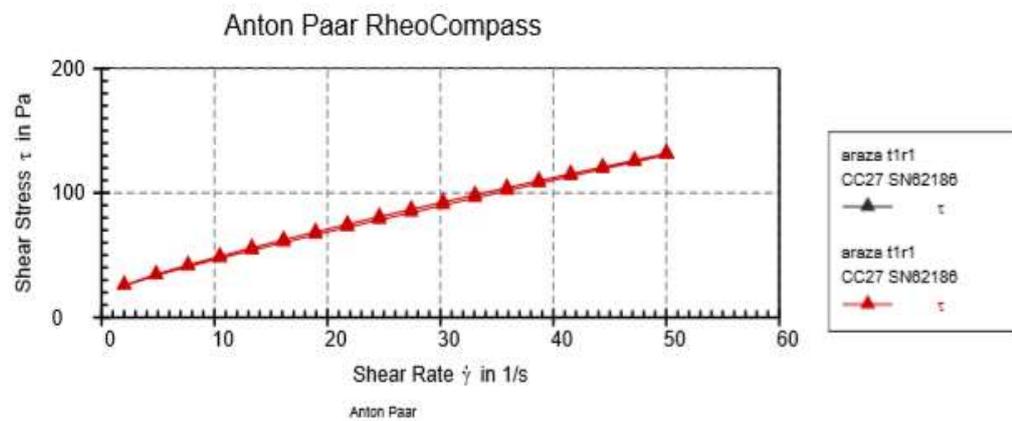


Result according to IOCCC with Casson regression:
 $\tau_0 = 15.664$ Pa; $\eta_{\infty} = 2121.1$ mPa·s; $p = 1.4618$

Figura 7. Resultados análisis reológico de un chocolate testigo

Report:

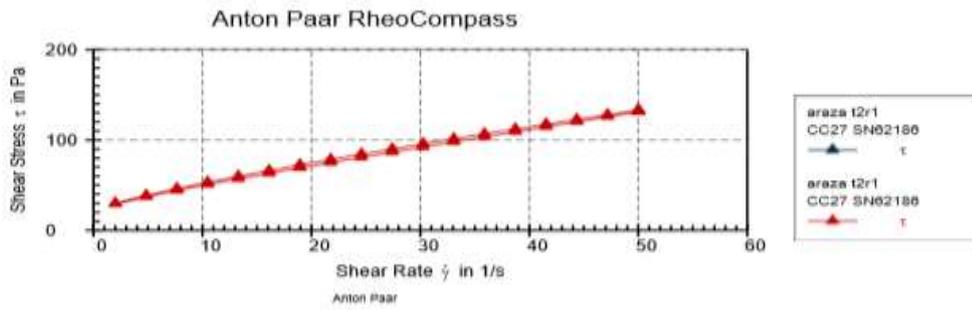
Chocolate measurement according to IOCCC



Result according to IOCCC with Casson regression:
 $\tau_0 = 17.128$ Pa; $\eta_{\infty} = 1786.3$ mPa·s; $p = 1.405$

Figura 8. Resultados análisis reológico de un chocolate oscuro con 1% de PLA

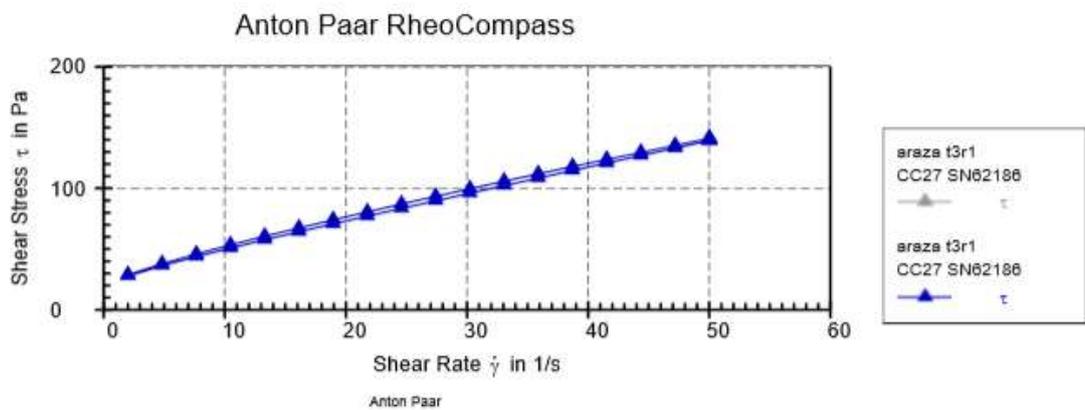
Report:
Chocolate measurement according to IOCCC



Result according to IOCCC with Casson regression:
 $\tau_0 = 20.722$ Pa; $\eta_{\infty} = 1702.8$ mPa·s; $p = 1.3922$

Figura 9. Resultados análisis reológico de un chocolate oscuro con 1.5% de PLA

Report:
Chocolate measurement according to IOCCC



Result according to IOCCC with Casson regression:
 $\tau_0 = 19.458$ Pa; $\eta_{\infty} = 1938$ mPa·s; $p = 1.3516$

Figura 10. Resultados análisis reológico de un chocolate oscuro con 2% de PLA

Anexo 5. Ficha de prueba sensorial

Comportamiento reológico y propiedades funcionales de chocolates oscuros con incorporación de arazá (*Eugenia stipitata*)

Nombre:

Fecha:

Código de la muestra:

Observe y pruebe cada muestra de chocolate oscuro con incorporación de arazá, yendo de izquierda a derecha, como aparece en la ficha. Indique el grado en que le gusta o le desagrada cada característica, haciendo una “x” en la línea correspondiente a las palabras apropiadas en cada columna.

| BRILLO | COLOR | DUREZA | SABOR | ACEPTABILIDAD GENERAL |
|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| ___ Me gusta muchísimo | ___ Me gusta muchísimo | ___ Me gusta muchísimo | ___ Me gusta muchísimo | ___ Me gusta muchísimo |
| ___ Me gusta mucho | ___ Me gusta mucho | ___ Me gusta mucho | ___ Me gusta mucho | ___ Me gusta mucho |
| ___ Me gusta moderadamente | ___ Me gusta moderadamente | ___ Me gusta moderadamente | ___ Me gusta moderadamente | ___ Me gusta moderadamente |
| ___ Me gusta poco | ___ Me gusta poco | ___ Me gusta poco | ___ Me gusta poco | ___ Me gusta poco |
| ___ No me gusta ni me disgusta | ___ No me gusta ni me disgusta | ___ No me gusta ni me disgusta | ___ No me gusta ni me disgusta | ___ No me gusta ni me disgusta |
| ___ Me disgusta poco | ___ Me disgusta poco | ___ Me disgusta poco | ___ Me disgusta poco | ___ Me disgusta poco |
| ___ Me disgusta moderadamente | ___ Me disgusta moderadamente | ___ Me disgusta moderadamente | ___ Me disgusta moderadamente | ___ Me disgusta moderadamente |
| ___ Me disgusta mucho | ___ Me disgusta mucho | ___ Me disgusta mucho | ___ Me disgusta mucho | ___ Me disgusta mucho |
| ___ Me disgusta muchísimo | ___ Me disgusta muchísimo | ___ Me disgusta muchísimo | ___ Me disgusta muchísimo | ___ Me disgusta muchísimo |

Comentarios:

.....

ANEXO 6. Resultados prueba sensorial de chocolates oscuros con incorporación de PLA

ANOVA unidireccional: Brillo vs. Chocolate

Método

Hipótesis nula Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna Por lo menos una media es diferente
Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor Niveles Valores
Chocolate 4 T1R; T2R; T3R; TER

Medias

| Chocolate | N | Media | Desv.Est. | IC de 95% |
|-----------|---|--------|-----------|------------------|
| T1R | 3 | 7.7667 | 0.0416 | (7.6052; 7.9281) |
| T2R | 3 | 7.260 | 0.191 | (7.099; 7.421) |
| T3R | 3 | 7.6067 | 0.1026 | (7.4452; 7.7681) |
| TER | 3 | 7.3933 | 0.1007 | (7.2319; 7.5548) |

Desv.Est. agrupada = 0.121244

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

| Chocolate | N | Media | Agrupación |
|-----------|---|-------|------------|
|-----------|---|-------|------------|

| | | | |
|-----|---|--------|-----|
| T1R | 3 | 7.7667 | A |
| T3R | 3 | 7.6067 | A B |
| TER | 3 | 7.3933 | B C |
| T2R | 3 | 7.260 | C |

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

ANOVA unidireccional: Color versus Chocolate

Método

Hipótesis nula Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna Por lo menos una media es diferente
Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor Niveles Valores
Chocolate 4 T1R; T2R; T3R; TER

Medias

| Chocolate | N | Media | Desv.Est. | IC de 95% |
|-----------|---|--------|-----------|------------------|
| T1R | 3 | 7.7533 | 0.0306 | (7.6282; 7.8785) |

T2R 3 7.2533 0.1701 (7.1282; 7.3785)
 T3R 3 7.6333 0.0231 (7.5082; 7.7585)
 TER 3 7.4067 0.0702 (7.2815; 7.5318)
 Desv.Est. agrupada = 0.0939858

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Chocolate N Media Agrupación

T1R 3 7.7533 A
 T3R 3 7.6333 A B
 TER 3 7.4067 B C
 T2R 3 7.2533 C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

ANOVA unidireccional: Dureza versus Chocolate

Método

Hipótesis nula Todas las medias son iguales

Hipótesis alterna Por lo menos una media es diferente

Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor Niveles Valores
 Chocolate 4 T1R; T2R; T3R; TER

Medias

Chocolate N Media Desv.Est. IC de 95%
 T1R 3 7.2933 0.1617 (7.0977; 7.4890)
 T2R 3 7.187 0.180 (6.991; 7.382)
 T3R 3 7.2200 0.1442 (7.0243; 7.4157)
 TER 3 7.3733 0.0833 (7.1777; 7.5690)
 Desv.Est. agrupada = 0.146969

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Chocolate N Media Agrupación

TER 3 7.3733 A
 T1R 3 7.2933 A
 T3R 3 7.2200 A
 T2R 3 7.187 A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

ANOVA unidireccional: Sabor versus Chocolate

Método

Hipótesis nula Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna Por lo menos una media es diferente
Nivel de significancia $\alpha = 0.05$
Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Medias

| Chocolate | N | Media | Desv.Est. | IC de 95% |
|-----------|---|--------|-----------|------------------|
| T1R | 3 | 7.5533 | 0.0808 | (7.4479; 7.6587) |
| T2R | 3 | 7.3533 | 0.0833 | (7.2479; 7.4587) |
| T3R | 3 | 7.4600 | 0.1058 | (7.3546; 7.5654) |
| TER | 3 | 7.3200 | 0.0200 | (7.2146; 7.4254) |

Desv.Est. agrupada = 0.0791623

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Chocolate N Media Agrupación

| | | | |
|-----|---|--------|-----|
| T1R | 3 | 7.5533 | A |
| T3R | 3 | 7.4600 | A B |
| T2R | 3 | 7.3533 | A B |
| TER | 3 | 7.3200 | B |

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

ANOVA unidireccional: Aceptabilidad general versus Chocolate

Método

Hipótesis nula Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna Por lo menos una media es diferente
Nivel de significancia $\alpha = 0.05$
Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.
Información del factor

| Factor | Niveles | Valores |
|-----------|---------|--------------------|
| Chocolate | 4 | T1R; T2R; T3R; TER |

Medias

| Chocolate | N | Media | Desv.Est. | IC de 95% |
|-----------|---|--------|-----------|------------------|
| T1R | 3 | 7.4067 | 0.0462 | (7.2898; 7.5235) |
| T2R | 3 | 7.2067 | 0.1528 | (7.0898; 7.3235) |
| T3R | 3 | 7.2467 | 0.0503 | (7.1298; 7.3635) |
| TER | 3 | 7.4000 | 0.0529 | (7.2832; 7.5168) |

Desv.Est. agrupada = 0.0877496

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Chocolate N Media Agrupación

T1R 3 7.4067 A

TER 3 7.4000 A

T3R 3 7.2467 A

T2R 3 7.2067 A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

Anexo 7. Fotos de elaboración y análisis de chocolates oscuros con incorporación de Arazá



Figura 11. Pulpa de arazá



Figura 12. liofilización de arazá



Figura 13. Tostado de granos de cacao



Figura 14. Obtención de pasta de cacao



Figura 15. Elaboración de chocolate con pulpa liofilizada de arazá



Figura 16. Moldeado



Figura 17. Indicaciones para realizar la prueba sensorial



Figura 18. Panelistas realizando prueba sensorial del chocolate con PLA



Figura 19. Prueba de textura



Figura 20. Evaluación del comportamiento reológico de los chocolates con PLA



Figura 21. Proceso de desgrasado para la evaluación química de los chocolates con PLA



Figura 22. Extractos de muestras desgrasadas



Figura 23. Preparando solución madre



Figura 24. proceso de evaluación de fenoles



Figura 25. Proceso de evolución de antioxidantes