

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



ESCUELA DE POSGRADO

**TESIS PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE
MAESTRA EN GESTIÓN PARA EL DESARROLLO
SUSTENTABLE**

**EFECTO DEL CULTIVO INICIADOR EN LAS
CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS, PERFIL
SENSORIAL Y COMPORTAMIENTO REOLÓGICO DE
CHOCOLATE OSCURO**

Autora: Bach. Llisela Torrejón Valqui

Asesor: Dr. Efraín Manuelito Castro Alayo

Co - asesor: Ms. Segundo Grimaldo Chávez Quintana

Registro: (...)

CHACHAPOYAS – PERÚ

2024

DEDICATORIA

Epifanio Angeles Chappa:

Por ser un padre excepcional en toda la extensión de la palabra, ahora que ya estás en el cielo, te agradezco por dejarme la mejor herencia del mundo, tus enseñanzas y por brindarme paciencia y perseverancia en todo momento, y por tu apoyo moral e incondicional para lograr mis metas.

A mi madre Enemergilda y hermanos Edelmira y Glenn:

Por ser mi motivación e impulso para seguir adelante. Por brindarme su apoyo moral e incondicional en todo momento. Gracias por ser parte de mi vida.

A Juan Hitler Grandez Gaslac

Por llegar a ser parte de mi vida, darme confianza y no dejarme caer al final del camino. Gracias a ti, por tu apoyo estoy logrando culminar este paso.

Llisola Torrejón Valqui

AGRADECIMIENTO

A nuestro señor Dios por darme vida y salud, que me permitió llegar a cumplir mis metas propuestas; por guiar mi camino con sabiduría, bondad y fortaleza.

A mi Asesor, Dr. Efraín Manuelito Castro Alayo, ya que, gracias a su conocimiento, sabiduría, apoyo académico y experimental, logré culminar la presente investigación.

A mi Co Asesor Ms. Segundo Grimaldo Chávez Quintana, por guiarme en cada paso con su conocimiento, para poder lograr este paso en mi vida profesional.

Al Mg. Diner Mori Mestanza, por su apoyo incondicional y desinteresado apoyándome en el desarrollo de la presente investigación.

A PROCIENCIA por permitirme desarrollar la tesis en el proyecto “Desarrollo de un cultivo iniciador para incrementar la eficiencia en el proceso de fermentación de cacao criollo nativo (*Theobroma Cacao* L) en la Asociación de Productores Cafetaleros y Cacaoteros - Aprocam de Amazonas, CONTRATO N° 003-2016-inia-pnia/upmsi/ie.

A Aprocam por brindarme su apoyo para poder desarrollar una parte de la investigación experimental para el desarrollo de la investigación.

A la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza, por proporcionarme los laboratorios y sus equipos para realizar parte de este trabajo de investigación.

Llilisa Torrejón Valqui

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

**Ph.D. JORGE LUIS MAICELO QUINTANA
RECTOR**

**Dr. OSCAR ANDRÉS GAMARRA TORRES
VICERRECTOR ACADÉMICO**

**Dra. MARÍA NELLY LUJÁN ESPINOZA
VICERRECTORA DE INVESTIGACIÓN**

**Dr. EFRAÍN MANUELITO CASTRO ALAYO
DIRECTOR DE LA ESCUELA DE POSGRADO**

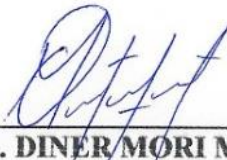
JURADO EVALUADOR DE LA TESIS



**DR. MIGUEL ANGEL BARRENA GURBILLÓN
PRESIDENTE**



**MG. CÉSAR RAFAEL BALCÁZAR ZUMAETA
SECRETARIO**



**MG. DINER MORI MESTANZA
VOCAL**

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS



UNTRM

REGLAMENTO GENERAL
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

ANEXO 3

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

Los suscritos, miembros del Jurado Evaluador del Proyecto de Tesis ()/Tesis (X)/Tesis en formato de artículo científico () titulado:

Efecto del cultivo iniciador en las características fisicoquímicas, perfil sensorial y comportamiento reológico de chocolate oscuro.

presentado por el Aspirante Bach. Elisela Torrejón Valqui para obtener el Grado Académico de Maestro (X)/Doctor () en Gestión para el Desarrollo Sustentable de la Escuela de Posgrado de la UNTRM, hacemos constar que después de revisar la originalidad del Proyecto de Tesis ()/Tesis (X)/Tesis en formato de artículo científico () con el software de prevención de plagio **Turnitin**, verificamos:

- a) De acuerdo con el informe de originalidad, el Proyecto de Tesis ()/Tesis (X)/Tesis en formato de artículo científico () tiene 22 % de similitud, que es menor al 25% permitido en la UNTRM.
- b) La persona responsable de someter el trabajo al software de prevención de plagio **Turnitin** fue: Dr. Miguel Ángel Barrera Garbillo y pertenece al área () / oficina () / dependencia () de Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental - UNTRM.



SE ADJUNTA:

- Resultado del informe del software **Turnitin**.

Chachapoyas, 22 de marzo del 2024

[Signature]
PRESIDENTE

Nombres y apellidos: Dr. Miguel Ángel Barrera Garbillo
DNI: 17969339

[Signature]
VOCAL

Nombres y apellidos: Mg. Diyer Mori Mestanza
DNI: 45817906

[Signature]
SECRETARIO

Nombres y apellidos: Mg. César Rafael Balcázar Zumaeta
DNI: 46734552

OBSERVACIONES:

Ninguna.

REPORTE DE TURNITIN

EFFECTO DEL CULTIVO INICIADOR EN LAS CARACTERISTICAS FISICOQUÍMICAS, PERFIL SENSORIAL Y COMPORTAMIENTO REOLÓGICO DE CHOCOLATE OSCURO

ORIGINALITY REPORT

22%

SIMILARITY INDEX

21%

INTERNET SOURCES

7%

PUBLICATIONS

8%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

repositorio.untrm.edu.pe

Internet Source

5%

2

hdl.handle.net

Internet Source

3%

3

Submitted to Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas

Student Paper

3%

4

repositorio.unfv.edu.pe

Internet Source

2%

5

www.teses.usp.br

Internet Source

1%

6

1library.co

Internet Source

1%

7

es.scribd.com

Internet Source

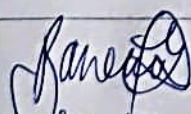
1%

8

repositorio.utn.edu.ec

Internet Source

<1%


Dr. Miguel Angel Barrena Burbillon

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS



UNTRM

REGLAMENTO GENERAL
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

ANEXO 5

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En el Auditorio de la Escuela de Posgrado de la UNTRM - Chachapoyas, el día 26 de marzo del año 2024, siendo las 15:00 horas, el Aspirante es Lisela Torrejón Valqui, cuyo asesor es Dr. Efraín Manuelito Castro Alayo, defiende en sesión pública presencial la Tesis titulada: Efecto del cultivo iniciador en las características físicoquímicas, perfil sensorial y comportamiento reológico de chocolate oscuro para obtener el Grado Académico de Maestro (X) / Doctor () en Gestión para el Desarrollo Sustentable, a ser otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas; ante el Jurado Evaluador, conformado por:

Presidente: Dr. Miguel Angel Barrena Gurbillón

Secretario: Mg. César Rafael Balcazar Zumaeta

Vocal: Mg. Dines Mori Mestanza



Luego de la sustentación y absueltas las preguntas del Jurado Evaluador se procedió a la calificación individual y secreta, teniendo el resultado de:


Aprobada (X)/Desaprobada () por Unanimidad (X)/Mayoría ().

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

Siendo las 16:30 horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis.


PRESIDENTE
Nombres y apellidos: Dr. Miguel Angel Barrena Gurbillón
DNI: 17969339


VOCAL
Nombres y apellidos: Dines Mori Mestanza
DNI: 45817906


SECRETARIO
Nombres y apellidos: Mg. César Rafael Balcazar Zumaeta
DNI: 46734552

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|-------------|
| DEDICATORIA..... | ii |
| AGRADECIMIENTO | iii |
| AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS | iv |
| CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS..... | vi |
| REPORTE DE TURNITIN..... | vii |
| ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS..... | viii |
| ÍNDICE GENERAL | ix |
| ÍNDICE DE TABLAS | xi |
| ÍNDICE DE FIGURAS | xii |
| RESUMEN | xiv |
| ABSTRACT..... | xv |
| I. INTRODUCCIÓN | 16 |
| II. MATERIAL Y MÉTODOS | 19 |
| 2.1. Material de estudio | 19 |
| 2.2. Diseño de la investigación..... | 20 |
| 2.3. Variables de estudio | 20 |
| 2.4. Aplicación de cultivo iniciador y proceso de fermentación..... | 20 |
| 2.5. Determinación de las propiedades fisicoquímicas del chocolate oscuro | 21 |
| 2.6. Comportamiento reológico de la pasta | 22 |
| 2.7. Perfil sensorial de chocolate..... | 23 |
| 2.8. Análisis de los indicadores ambientales, económicos y sociales que se aplican en el proceso de fermentación del cacao con el uso del cultivo iniciador..... | 23 |
| 2.9. Análisis de datos | 24 |
| III. RESULTADOS..... | 25 |
| 3.1. Análisis fisicoquímico del chocolate oscuro..... | 25 |
| 3.2. Comportamiento reológico y textura | 25 |

| | |
|---|-----------|
| 3.3. Análisis sensorial del chocolate oscuro | 26 |
| 3.4. Indicadores ambientales, económicos y sociales que intervienen en el proceso de fermentación del cacao con el uso del cultivo iniciador..... | 27 |
| IV. DISCUSIÓN | 30 |
| V. CONCLUSIONES..... | 33 |
| VI. RECOMENDACIONES..... | 35 |
| VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS | 36 |
| ANEXOS..... | 39 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Escala para determinar la sostenibilidad de un proceso. | 23 |
| Tabla 2. Resultados de las propiedades fisicoquímicas del chocolate oscuro obtenido en cada tratamiento. | 25 |
| Tabla 3. Resultados para propiedades químicas. | 25 |
| Tabla 4. Propiedades físicas del chocolate oscuro. | 26 |
| Tabla 5. Resultados de las propiedades sensoriales del chocolate oscuro. | 26 |
| Tabla 6. Resultados de capacidad antioxidante. | 41 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Mapa de ubicación de la Cooperativa APROCAM..... | 19 |
| Figura 2. Grafica de análisis sensorial | 27 |
| Figura 3. Índice de sostenibilidad ambiental. | 27 |
| Figura 4. Índice de sostenibilidad económica..... | 28 |
| Figura 5. Índice de sostenibilidad social..... | 28 |
| Figura 6. Índice de sostenibilidad. | 29 |
| Figura 7. Curva de calibración de contenidos fenólicos..... | 39 |
| Figura 8. ICs simultáneos de 95% de Tukey del contenido total de fenoles | 40 |
| Figura 9. intervalos de mgGAE/g muestras vs. muestra del contenido total de fenoles | 40 |
| Figura 10. residuos para mgGAE/g muestra del contenido total de fenoles..... | 41 |
| Figura 11. Actividad antioxidante muestra control | 42 |
| Figura 12. Actividad antioxidante chocolate con cultivo al 2% | 42 |
| Figura 13. Actividad antioxidante chocolate con cultivo al 3% | 43 |
| Figura 14. Actividad antioxidante chocolate con cultivo al 4% | 43 |
| Figura 15. Resultado de dureza de la muestra control (CR1)..... | 44 |
| Figura 16. Resultado de dureza de la Tratamiento 1 al 2% (T1R1) | 45 |
| Figura 17. Resultado de dureza del Tratamiento 2 al 3% (T2R1) | 45 |
| Figura 18. Resultado de dureza del Tratamiento 3 al 4% (T3R1) | 46 |
| Figura 19. Resultado de viscosidad de la muestra control (CR1)..... | 47 |
| Figura 20. Resultado de viscosidad del Tratamiento 1 al 2% | 47 |
| Figura 21. Resultado de viscosidad del Tratamiento 2 al 3%..... | 48 |
| Figura 22. Resultado de viscosidad del Tratamiento 3 al 4% | 48 |
| Figura 23. Curva de calibración de azúcar reductor | 49 |
| Figura 24. Cajas fermentadoras de cacao | 59 |
| Figura 25. Preparación y activación del cultivo iniciador | 60 |
| Figura 26. Colocación de las muestras de cacao | 60 |
| Figura 27. Medición diaria de pH Y T° de las muestras de cacao..... | 61 |
| Figura 28. Medición de la corteza para un buen fermentado..... | 61 |
| Figura 29. Secado de las muestras de cacao para la elaboración de pasta y chocolate oscuro..... | 62 |
| Figura 30. Elaboración de pasta y chocolate oscuro de cada tratamiento. | 62 |
| Figura 31. Extracción de extractos para los análisis fisicoquímicos | 63 |
| Figura 32. Preparación de las muestras para análisis reductores | 63 |

| | |
|--|----|
| Figura 33. Análisis de muestras para azúcares reductores..... | 64 |
| Figura 34. Análisis de actividad antioxidante y componentes fenólicos..... | 64 |
| Figura 35. Catación de análisis sensorial..... | 65 |
| Figura 36. Panelistas calificados en la catación del chocolate oscuro..... | 65 |

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto del cultivo iniciador sobre el perfil sensorial, características fisicoquímicas y comportamiento reológico de chocolate oscuro; para ello se evaluó la fermentación del cacao criollo con la adición de un cultivo iniciador de 0.05, 0.075 y 0.1% de *Saccharomyces cerevisiae* con respecto al peso de almendras de cacao a fermentar, y un control, que se realizó en cajas de madera de 40 kg de capacidad, con interior recubierto con acero inoxidable. El pH y la temperatura, se midieron diariamente para conocer las condiciones en que la levadura realiza la fermentación, produciendo precursores de sabor y aromáticos en las almendras de cacao. La unidad de evaluación de las propiedades fisicoquímicas (reológicas, textura, azúcares reductores, componentes fenólicos y antioxidantes) y análisis sensoriales, se fijó en 10 kg de almendras de cacao por tratamiento. En la elaboración de chocolate a partir de cacao, los cultivos iniciadores son de gran importancia en la fermentación, porque mejoran las características fisicoquímicas y sensoriales del producto final. En la presente investigación, se determinó cuál de los tratamientos empleados generó las mejores cualidades en el chocolate. El tratamiento con 0.075 % de cultivo iniciador, se destacó como el más equilibrado y preferido por sus características fisicoquímicas y sensoriales, expresando sus mejores propiedades reológicas, textura, azúcares reductores, componentes fenólicos y antioxidantes (2438.7 ± 122.5^{ab} , 5677 ± 1180^a , 5.9447 ± 0.0739^d , 5.354 ± 0.318^d y 4.734 ± 0.223^a), respectivamente. Esta concentración logró realzar las cualidades positivas del cacao fermentado, permitiendo elaborar un chocolate con un perfil sensorial interesante y agradable.

Palabras claves: Fermentación, cacao (*Theobroma cacao*) nativo, cultivo iniciador, *Saccharomyces cerevisiae*.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the effect of the starter culture on the sensory profile, physicochemical characteristics and rheological behavior of dark chocolate; For this, the fermentation of Criollo cocoa was evaluated with the addition of a starter culture of 0.05, 0.075 and 0.1% of *Saccharomyces cerevisiae* with respect to the weight of cocoa beans to be fermented, and a control, which was carried out in wooden boxes of 40 kg capacity, with interior covered with stainless steel. The pH and temperature were measured daily to know the conditions under which the yeast carries out fermentation, producing flavor and aromatic precursors in the cocoa beans. The unit of evaluation of the physicochemical properties (rheological, texture, reducing sugars, phenolic components and antioxidants) and sensory analysis was set at 10 kg of cocoa kernels per treatment. In the production of chocolate from cocoa, starter cultures are of great importance in fermentation, because they improve the physicochemical and sensory characteristics of the final product. In the present investigation, it was determined which of the treatments used generated the best qualities in the chocolate. The treatment with 0.075% starter culture stood out as the most balanced and preferred for its physicochemical and sensory characteristics, expressing its best rheological properties, texture, reducing sugars, phenolic components and antioxidants (2438.7 ± 122.5^{ab} , 5677 ± 1180^a , 5.9447 ± 0.0739^d , 5.354 ± 0.318^d y 4.734 ± 0.223^a), respectively. This concentration managed to enhance the positive qualities of fermented cocoa, allowing the production of a chocolate with an interesting and pleasant sensory profile.

Keywords: Fermentation, native cocoa (*Theobroma cacao*), starter culture, *Saccharomyces cerevisiae*.

I. INTRODUCCIÓN

Durante al menos 3000 años, varias culturas en Mesoamérica han cultivado cacao, planta originaria de la cuenca del Amazonas. Los primeros rastros del uso del cacao se remontan a las sociedades hondureña, guatemalteca y mexicana. El chocolate se deriva de las semillas del fruto de *Theobroma cacao* L., también conocido como cacao, apreciado por su rico aroma y sabor, por lo que el chocolate elaborado con cacao tiene gran demanda (Cornejo et al., 2018).

El análisis y evaluación de la calidad del cacao se centra en el proceso poscosecha, principalmente durante la fermentación de la pulpa mucilaginoso que recubre las almendras de cacao, produciendo transformaciones bioquímicas que benefician las cualidades sensoriales del cacao, debido a que es metabolizada por microorganismos, produciendo etanol y ácido acético, que promueven importantes cambios fisicoquímicos en la almendra (Navia & Pasmiño, 2012).

Según El Peruano (2015), el cacao de aroma está clasificado por la Organización Internacional del Cacao (ICCO) y se refiere al cacao que tiene un aroma y sabor muy delicado. Esta variedad de cacao representa aproximadamente el 8% de la producción mundial de cacao. El 76% del cacao saborizado Premium del mundo se produce en Colombia, Ecuador, Venezuela y Perú. El cacao amazónico peruano con Denominación de Origen, se caracteriza por sus plantaciones de cacao con muchas horas de Sol durante todo el año, en suelos alcalinos, con salinidad óptima para el cultivo y un rico sabor debido a la estructura arcillosa del suelo. El agua de riego tiene un pH alcalino y buena conductividad. Además, todas las plantaciones de la zona cuentan con sombra de árboles nativos. Solo se cosechan las mazorcas maduras, esta combinación única de orígenes hace posible fermentar y secar granos con aromas únicos.

Según Chagas et al. (2021), la fermentación del cacao ha sido evidente desde hace mucho tiempo en la comunidad científica, porque es muy importante para la producción de chocolate; con técnicas de fermentación bien aplicadas, manejo cuidadoso y variedad de berries adicionados, se puede obtener aromas característicos y deseables en un buen chocolate. También proporciona el inicio de reacciones físicas y químicas en las semillas para disminuir la astringencia y el amargor. La ventaja de utilizar un cultivo iniciador es que se han logrado enormes avances en la mejora del proceso de fermentación en los

últimos años, como reducir el tiempo y producir compuestos volátiles deseables y así también la inhibición de aromas putrefactos.

Castro-Alayo et al. (2019), manifiestan que los cultivos iniciadores son más efectivos y precisos para la fermentación del cacao criollo, ya que su propia genética y origen determinan su fino aroma. Sin embargo, en el cacao forastero se requiere una concentración mayor de cultivo iniciador y de las mejores cepas para la fermentación en comparación con el cacao criollo, para obtener los precursores del aroma.

Rivera (2017), menciona que el proceso de fermentación es esencial para el desarrollo óptimo del aroma y sabor de las almendras. Durante la fermentación, la pulpa que rodea las almendras es metabolizada por los microorganismos endógenos que prosperan en las condiciones adecuadas del entorno; dando como resultado la formación de compuestos como etanolitos y ácidos orgánicos, incluidos el ácido acético y el ácido láctico. Estos compuestos son absorbidos por los cotiledones, lo que provoca una serie de cambios fisicoquímicos y enzimáticos que tienen un impacto significativo en el sabor final del chocolate de calidad.

Wacher (2011), explicó que la fermentación de la pulpa de cacao, rica en carbohidratos como la glucosa, la fructosa y la sacarosa; se realiza con la participación de levaduras, lactobacilos y bacterias del ácido acético, que tienden a producir un pH de 3.3-4.0. Dado que hay ácidos orgánicos que generan el ambiente muy favorable para el crecimiento y la multiplicación de microorganismos que tienen un rol muy importante en los cambios químicos de los granos de cacao. La fermentación de los granos de cacao es uno de los pasos más importantes en la formación de los precursores de aroma y sabor, y consta de dos procesos fundamentales. En primer lugar, la fermentación microbiana, que implica la metabolización completa del mucílago del cacao. El segundo paso, involucra una serie de reacciones bioquímicas internas que alteran los contenidos fenólicos, la actividad antioxidante y los compuestos responsables del sabor amargo del cacao, generando precursores del aroma y compuestos volátiles que se consumen durante el tostado.

Otárola (2018), en su investigación determinó que la adición de levadura *Saccharomyces cerevisiae* y enzima pectolítica podría mejorar la calidad del cacao durante el proceso de fermentación, donde la levadura metaboliza precursores del sabor y aroma de las almendras de cacao.

Según Díaz-Muñoz et al. (2023), los métodos de fermentación del cacao inoculados con cepas de *S. cerevisiae*, mejoraron el desarrollo del sabor en las etapas de fermentación y secado, lo que se reflejó en perfiles de aroma de chocolate y masa de cacao más ricos y reproducibles. El análisis sensorial de la masa de cacao y el chocolate también mostró que, debido al mayor grado de fermentación, *S. cerevisiae* produce más acidez en comparación con la fermentación natural. Finalmente, dependiendo del proceso de fermentación, los granos de cacao tienen diferentes perfiles de compuestos orgánicos volátiles (COV) a lo largo de la cadena de producción del chocolate.

Lin & Choong (2021), manifiestan que es difícil definir las propiedades reológicas de un chocolate líquido ideal, la Viscosidad de Casson y límite elástico de bloques de chocolate producidos en diferentes cámaras de fermentación. Durante la elaboración del chocolate, las propiedades reológicas se pueden ajustar añadiendo manteca de cacao o emulsionantes a la solución de cacao. También manifiesta que la dureza de las propiedades texturales del chocolate producido en diferentes cámaras de fermentación, puede ser la mayor viscosidad y límite elástico del chocolate.

Siendo importante determinar las propiedades físicas y químicas del cacao, durante la fermentación que tiene influencia significativa en la calidad final del producto, en la presente investigación se comprobó el efecto del cultivo iniciador de *Saccharomyces cerevisiae* sobre las características fisicoquímicas, perfil sensorial y comportamiento reológico de chocolate oscuro, mejorando su calidad.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Material de estudio

La Cooperativa Asociación de Productores Cacaoteros (APROCAM), está ubicada en Copallín, km 4.5 del sector Tomaque, provincia de Bagua, departamento de Amazonas. Es una cooperativa destacada en la venta de productos de alta calidad de cacao, con el objetivo de mejorar la calidad de vida de sus miembros y garantizar la felicidad de sus clientes. La presente investigación se desarrolló en dicha cooperativa, donde se trabajó con las cosechas de cacao criollo nativo obtenidas de las parcelas de San José, en cada experimento se empleó 40 kg de almendras de cacao en baba, que se colocaron, para su fermentación, en cajones con interior recubierto con acero inoxidable, a las que se aplicó el cultivo iniciador (*S. cerevisiae*) obtenido a partir de muestras procedentes de la fermentación natural que realizan en la cooperativa.

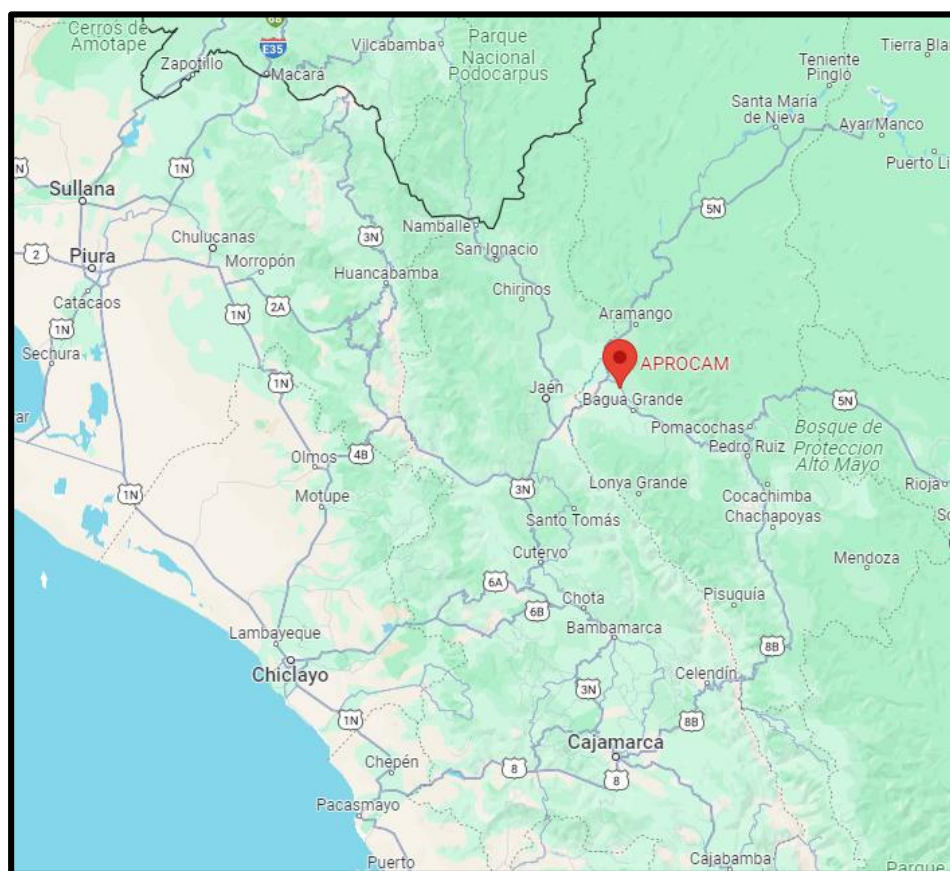


Figura 1. Mapa de ubicación de la Cooperativa APROCAM.

2.2. Diseño de la investigación

Se utilizó un diseño unifactorial, con tres tratamientos (dosis de cultivo iniciador: 0.05, 0.075 y 0.1 % con respecto al peso de almendras de cacao a fermentar en cada cajón de madera) y un control (sin adición de cultivo iniciador).

2.3. Variables de estudio

VARIABLES INDEPENDIENTES

Dosis de cultivo iniciador: 0.05, 0.75 y 0.10 % de *Saccharomyces cerevisiae*, con respecto al peso de almendras de cacao a fermentar en cada cajón de madera.

VARIABLES DEPENDIENTES

Características fisicoquímicas: acidez, azúcares reductores, fenoles totales y actividad antioxidante.

Comportamiento reológico del chocolate oscuro: tensión de corte y viscosidad.

Perfil sensorial del chocolate oscuro: color, brillo, sabor y aceptabilidad general.

2.4. Aplicación de cultivo iniciador y proceso de fermentación

- **Preparación y adición del cultivo iniciador.** Para fermentar 40 kg de cacao, se preparó el cultivo iniciador, empleando 20, 30 y 40g de *Saccharomyces cerevisiae* liofilizada, en tres matraces Erlenmeyer de 500 mL, respectivamente, a cada uno se adicionó 400 mL de agua peptonada a 40 °C, que contenía dos cucharadas grandes de sacarosa. De acuerdo al diseño estadístico, todo el cultivo iniciador contenido en el matraz correspondiente, se adicionó a la muestra a fermentar (Balcázar-Zumaeta et al., 2023), constituida por 40 kg de cacao en cada cajón de madera, y se mezcló bien.
- **Monitoreo a la fermentación.** Se hizo seguimiento a la fermentación en cada tratamiento del diseño experimental, para lo que se midió el pH y la temperatura de masa en fermentación en cada uno de los cajones, cada 24 horas y enseguida

se procedió a revolver toda la masa en fermentación. Esto se repitió cada día, hasta finalizar el tiempo de fermentación que fue de 9 días (Castro-Alayo et al., 2019).

2.5. Determinación de las propiedades fisicoquímicas del chocolate oscuro

Acidez titulable de la pasta de cacao

Se utilizó el método de titulación volumétrica AOAC (2005) 942.15, por triplicado. El resultado se expresó como porcentaje de acidez total.

Azúcares reductores en pasta

Se determinó siguiendo el protocolo para azúcares reductores (g/100g) de Lane y Eynon, AOAC 923.09 (2005).

Preparación del extracto

Se pesó 2 g de pasta de cacao de cada uno de los tratamientos experimentales, para extraerle su grasa con éter de petróleo, en el extractor Soxhlet. En un tubo de centrifuga se pesó 1 g de la pasta desengrasada y se le adicionó 10 mL de solución metanólica acuosa al 80%. Luego, se agitó en un vortex por 1 minuto. Enseguida, se llevó a baño de ultrasonido por 10 min a 30°C, para completar su homogenización; finalmente, se centrifugó a 3000 rpm por 10 min. El sobrenadante (extracto), se colocó en viales para conservarlo en refrigeración.

Capacidad antioxidante con el método 2,2-Difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH)

Se empleó el método DPPH, desarrollado por Brand-Williams et al. (1995), que se fundamenta en la propiedad del radical DPPH, que inicialmente presenta un tono azul-violeta y cambia a un tono amarillo pálido al reaccionar con un agente oxidante. La absorbancia se cuantificó a través de espectrofotometría, y a partir de la diferencia en las absorbancias se determinó el porcentaje de neutralización de los radicales libres.

A 100 mL de solución metanólica acuosa al 80%, se le adicionó 0.005 g de radical DPPH, la que será la solución B. Se empleó solución metanólica acuosa al 80 % para el blanco de la absorbancia (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 un 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 (IC50) del radical DPPH fue leído de la gráfica del porcentaje de inhibición versus la concentración de extracto.

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

Contenido total de fenoles (FT)

Siguiendo la metodología de Coklar & Akbulut (2017), se preparó nueve viales de solución de ácido gálico de las siguientes concentraciones: 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14 y 16 ppm, a partir de una solución madre de 100 ppm, para construir la curva de calibración. Se mezcló 0.1 mL de extracto diluido con 7.9 mL de agua y 0.5 mL de reactivo de Folin-Ciocalteu durante 5 minutos a 22 °C. Luego, se añadieron 1.5 mL de solución saturada de carbonato de sodio. Después se mezcló con un vortex durante 10 s para homogenizar. La mezcla se incubó durante 2 horas en una estufa a 22 °C en oscuridad. Finalmente, se leyó la absorbancia en un espectrofotómetro (UV)/Visible (UV- 1700), a 765 nm. Los fenoles totales se determinaron utilizando la curva patrón de absorbancia versus concentración de ácido gálico (cada extracto se analizó por cuadruplicado).

2.6. Comportamiento reológico de la pasta

Se utilizó el método oficial de la Asociación Internacional de Confeitería 46 para medir el comportamiento reológico (ICA) (ICA, 2000). Se realizó con un reómetro AR2000 (Instruments TA) que tiene una geometría de cilindro concéntrico. La pasta se calentó a 52 °C en estufa, al menos 1 h antes de la medición. Las muestras se cortaron previamente a 5 s⁻¹, a 40 °C, durante 15 minutos antes de la medición. Luego, automáticamente el equipo mide la tensión de corte aumentando la velocidad de corte de 2 s⁻¹ a 50 s⁻¹ (rampa ascendente), manteniendo a 50 s⁻¹ durante 60 s y enseguida, fue disminuyendo la velocidad de corte de 50 s⁻¹ a 2 s⁻¹ (rampa hacia abajo). Los resultados alcanzados con el modelo Casson sirvieron para derivar la tensión de

rendimiento de Casson (σ_{CA}) y la viscosidad de Casson (η_{CA}). La tixotropía se obtuvo al determinar la diferencia entre el esfuerzo de cizallamiento de rampa ascendente y rampa descendente en 5 s^{-1} (Cahyani et al., 2019).

2.7. Perfil sensorial de chocolate

La Red Nacional de Catadores (APPCACAO), desarrolló un formato para catadores de evaluación sensorial, el cual se utilizó con un panel de 5 catadores calificados para evaluar los defectos, el aroma, acidez, astringencia, amargor, sabor y post gusto del cacao. Antes de la catación, se uniformizó, contextualizó y familiarizó a todos los catadores con los mismos términos. Luego, las cuatro muestras se entregaron de forma independiente a cada catador de la APPCACAO. La evaluación sensorial se aplicó en los ambientes del Laboratorio de Biotecnología Agroindustrial de la UNTRM.

2.8. Análisis de los indicadores ambientales, económicos y sociales que se aplican en el proceso de fermentación del cacao con el uso del cultivo iniciador

Teniendo en cuenta la metodología propuesta por Sarandón (2002) y los ajustes de Smyth & Dumanski (1995) y Astier et al. (2002), se consideraron los indicadores para medir la sustentabilidad bajo un escenario de uso del cultivo iniciador en el proceso de fermentación de cacao en la Cooperativa APROCAM. El índice de sostenibilidad de cada indicador de Presión, Estado y Respuesta es el promedio de los valores normalizados del indicador, del mismo modo el promedio de estos promedios es el índice de sostenibilidad de la dimensión económica, social y ambiental correspondiente. El promedio de los tres es el índice de sostenibilidad general; luego los índices obtenidos se compararon con la escala propuesta por Ramírez -Sulvarán *et al.* (2014).

Tabla 1. Escala para determinar la sostenibilidad de un proceso.

| | | | | |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 0,0 – 0,2 | 0,2 – 0,4 | 0,4 – 0,6 | 0,6 – 0,8 | 0,8 – 1,0 |
| Colapso | Crítico | Inestable | Estable | Óptimo |

Los datos de las entrevistas a los trabajadores de APROCAM, encargados del proceso poscosecha de las almendras de cacao, fueron plasmados en una plantilla de Excel. Con los resultados absolutos y normalizados, se realizó el cálculo de los índices de

sostenibilidad de cada indicador y se construyó diagramas radiales para los índices de los indicadores por dimensión de sostenibilidad.

2.9. Análisis de datos

Se realizó el análisis de varianza ANOVA de los datos, enseguida la prueba Tukey con 0.05 de significancia. Los datos se procesaron con el software Minitab. A los datos de la evaluación fisicoquímica y reológica se les aplicó la prueba Tukey, con un modelo matemático correspondiente a un DCA, según Gutiérrez et al. (2015), utilizaron tres réplicas de cada tratamiento. Se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis, a los datos de la evaluación sensorial, para identificar las mejores características de las muestras y así obtener los mejores tratamientos.

III. RESULTADOS

3.1. Análisis fisicoquímico del chocolate oscuro

Se determinó el contenido de azúcares reductores y el % de acidez, evidenciándose que el mayor contenido de azúcares reductores se logró con el Tratamiento 3 (7.3691 g/100 g de muestra); asimismo, el % de acidez es adecuado para el producto.

Tabla 2. Resultados de las propiedades fisicoquímicas del chocolate oscuro obtenido en cada tratamiento.

| Chocolate | Azúcares reductores (g/100 g de muestra) | Acidez titulable (%) |
|-----------|--|--------------------------------|
| T0 | 6.3480 ± 0.0789 ^c | 0.1493 ± 0.0370 ^a |
| T1 | 6.7252 ± 0.0812 ^b | 0.06400 ± 0.00000 ^b |
| T2 | 5.9447 ± 0.0739 ^d | 0.06400 ± 0.00000 ^b |
| T3 | 7.3691 ± 0.0596 ^a | 0.1280 ± 0.0000 ^a |

Los resultados de la capacidad antioxidante y del contenido fenólico, en los cuatro tipos de chocolates oscuro producidos por fermentación de almendras de cacao con cantidades diferentes de cultivo iniciador (chocolate control y chocolate con 20g, 30g, 40g de cultivo), que se obtuvieron, demostraron que si existe una gran diferencia significativa en la actividad antioxidante esto indica que la fermentación que se realizó si influye en la actividad antioxidante; igualmente, en el contenido de fenoles también hay diferencia significativa en las cuatro muestras de chocolate oscuro, donde la muestra control tiene el valor más alto en antioxidantes y componentes fenólicos con respecto a las demás muestras.

Tabla 3. Resultados para propiedades químicas.

| Chocolate | Capacidad Antioxidante | Contenido de fenoles (mg GAE/g) |
|-----------|----------------------------|---------------------------------|
| T0 | 2.836 ± 0.202 ^b | 8.843 ± 0.494 ^a |
| T1 | 1.407 ± 0.414 ^c | 6.4322 ± 0.0347 ^c |
| T2 | 4.734 ± 0.223 ^a | 5.354 ± 0.318 ^d |
| T3 | 2.529 ± 0.337 ^b | 8.0044 ± 0.0918 ^b |

3.2. Comportamiento reológico y textura

Los resultados presentados en la Tabla 4 son de la textura, comportamiento reológico y el rendimiento de Casson de cuatro tratamientos de almendras de cacao para producir chocolate oscuro (T0= Muestra control, T1=tratamiento con 20 g de cultivo iniciador, T2= tratamiento con 30 g de cultivo iniciador, T3= tratamiento con 40 g de cultivo

iniciador). De los resultados se observa que la textura de la muestra control tiene una resistencia a la rotura más alta; sin embargo, una mejor textura corresponde al tratamiento T2 con 30 g de cultivo iniciador, que reduce la resistencia a la rotura indicando que tiene mejor textura. El chocolate oscuro exhibe un comportamiento reológico similar al de un flujo no newtoniano del tipo Casson. En el rendimiento de Casson y la viscosidad del chocolate, los datos que se obtuvieron fueron los más altos, observándose que la viscosidad del chocolate disminuyó a medida que se aumentó la cantidad de cultivo iniciador.

Tabla 4. Propiedades físicas del chocolate oscuro.

| Chocolate | Textura | Reología (viscosidad) (Pascal/s) | Rendimiento Casson (Pascal/s) |
|-----------|--------------------------|--|-------------------------------------|
| T0 | 7743 ± 1507 ^a | 2871 ± 434 ^a | 18.790 ± 0.196 ^a |
| T1 | 6643 ± 1811 ^a | 2438.7 ± 122.5 ^{ab} | 17.728 ± 0.586 ^a |
| T2 | 5677 ± 1180 ^a | 2219 ± 285 ^{ab} | 18.624 ± 0.590 ^a |
| T3 | 7493 ± 946 ^a | 1855 ± 504 ^b | 13.60 ± 2.99 ^b |

3.3. Análisis sensorial del chocolate oscuro

El panel de 5 catadores muy bien capacitados, evaluó las cualidades sensoriales básicas del chocolate oscuro (sabor, aroma, amargo, acidez y astringencia), obteniéndose como resultado que el chocolate de mejor calidad se obtuvo con el T3, como se muestra en la Tabla 5 y la Figura 2, teniendo en cuenta que los valores altos de T3 los valores bajos de T2, están relacionados con la mayor calidad del chocolate oscuro.

Tabla 5. Resultados de las propiedades sensoriales del chocolate oscuro.

| Chocolate | Aroma | Acidez | Amargor | Astringencia | Defectos | Sabor | Post-gusto |
|-----------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| T0 | 7.333 ± 0.577 ^a | 7.000 ± 0.000 ^a | 6.667 ± 0.577 ^a | 6.667 ± 0.577 ^a | 18.67 ± 2.31 ^{ab} | 14.667 ± 1.155 ^a | 6.667 ± 0.577 ^a |
| T1 | 6.667 ± 0.577 ^a | 7.333 ± 0.577 ^a | 7.000 ± 0.000 ^a | 6.000 ± 1.000 ^a | 17.333 ± 1.155 ^{ab} | 14.00 ± 0.00 ^a | 6.333 ± 0.577 ^a |
| T2 | 7.000 ± 1.000 ^a | 6.667 ± 1.155 ^a | 6.000 ± 1.000 ^a | 6.000 ± 0.000 ^a | 16.00 ± 0.00 ^b | 15.333 ± 1.155 ^a | 6.667 ± 0.577 ^a |
| T3 | 7.333 ± 0.577 ^a | 6.333 ± 0.577 ^a | 6.667 ± 0.577 ^a | 6.667 ± 0.577 ^a | 20.00 ± 0.00 ^a | 16.00 ± 0.00 ^a | 6.667 ± 0.577 ^a |

En aroma y astringencia el mejor es el T3 y la muestra control, en acidez y amargor el mayor contenido se encuentra en el T1 y en sabor el mejor tratamiento es el T3.

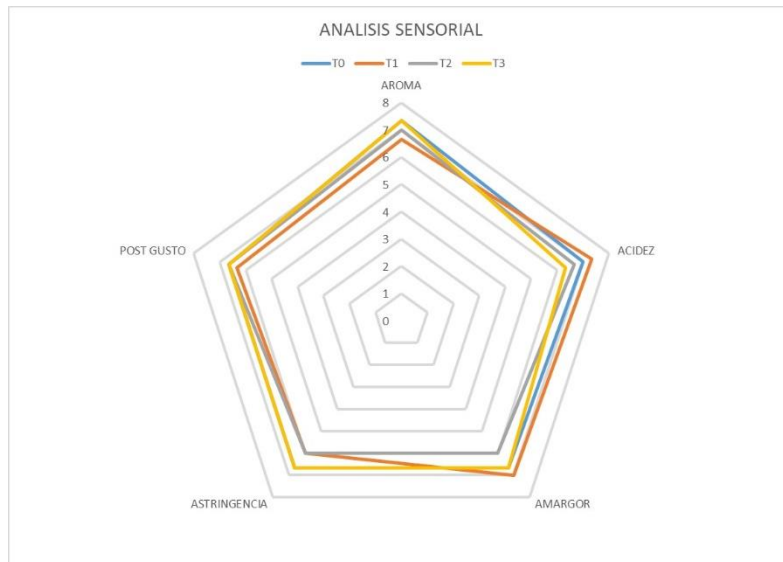


Figura 2. Grafica de análisis sensorial

3.4. Indicadores ambientales, económicos y sociales que intervienen en el proceso de fermentación del cacao con el uso del cultivo iniciador

Los indicadores ambientales utilizados en la fermentación del cacao con el cultivo iniciador se muestran en la Figura 2, con lo que se calculó un índice de sostenibilidad ambiental de 0.58, que indica una sostenibilidad inestable para esta dimensión. Cuando éste índice es mayor a 0.60, se considera un indicador de sostenibilidad estable.

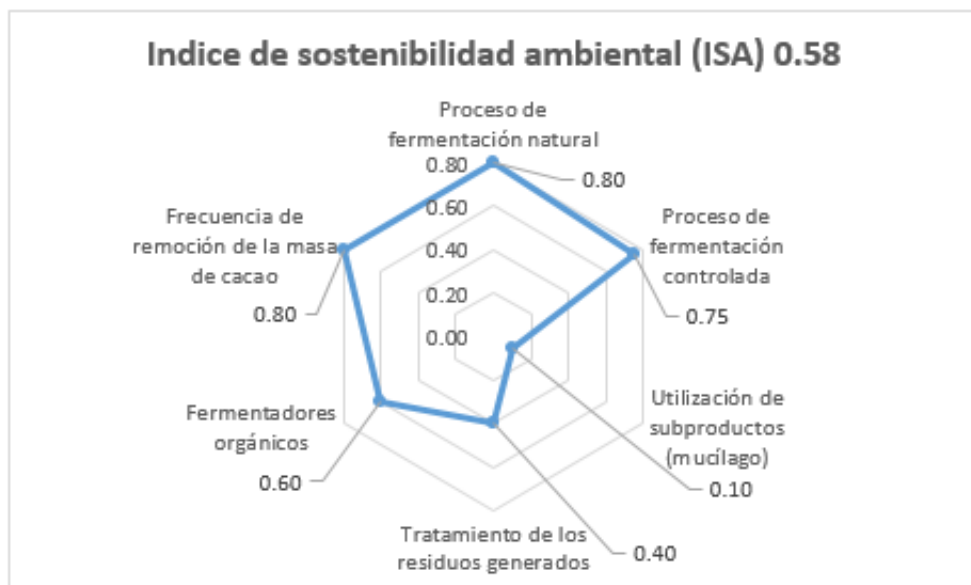


Figura 3. Índice de sostenibilidad ambiental.

El índice de sostenibilidad económica que se muestra en la Figura 3, se calculó utilizando el cultivo iniciador, obteniéndose un valor de 0,54; indica una sostenibilidad inestable para la dimensión.

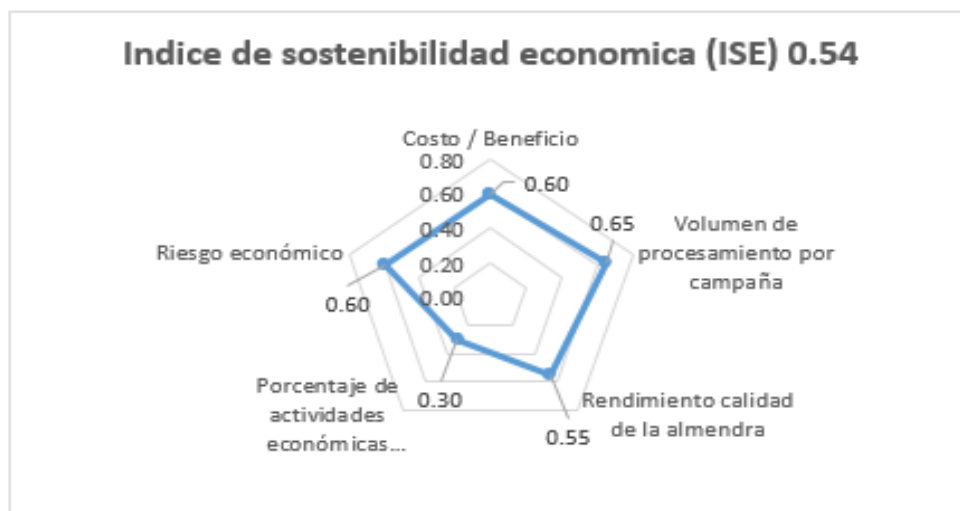


Figura 4. Índice de sostenibilidad económica.

El índice de sostenibilidad social fue de 0,59, lo que indica una sostenibilidad inestable en este aspecto. Los indicadores sociales evaluados en las etapas posteriores a la cosecha, que tienen un impacto en el proceso de fermentación del cacao utilizando el cultivo iniciador, se muestra en la Figura 4.

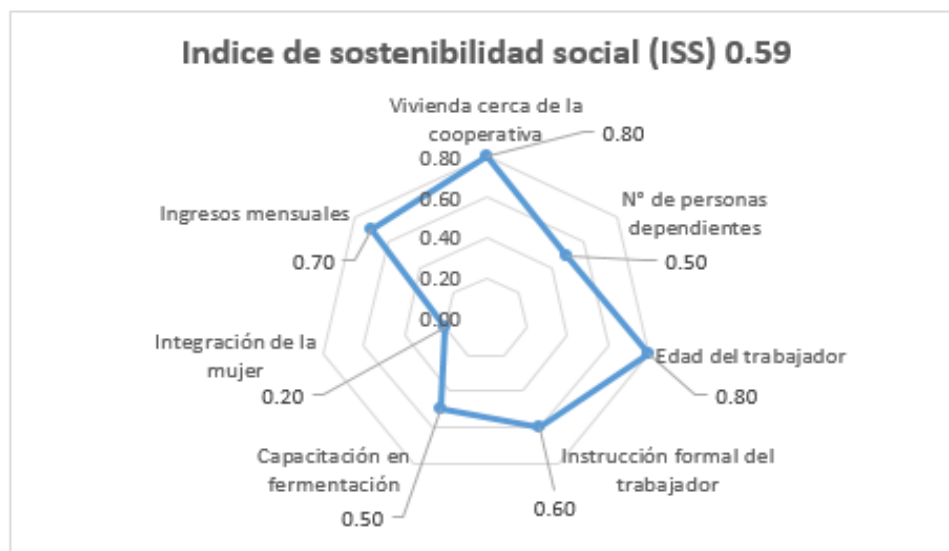


Figura 5. Índice de sostenibilidad social.

En la Figura 5 se muestran los tres factores (ambiental, económico y social) que se evaluaron durante las etapas de poscosecha y que afectan en el proceso de

fermentación del cacao utilizando cultivos iniciadores, esto arroja un índice de sostenibilidad de 0,57; lo que indica inestable durante todo el proceso.

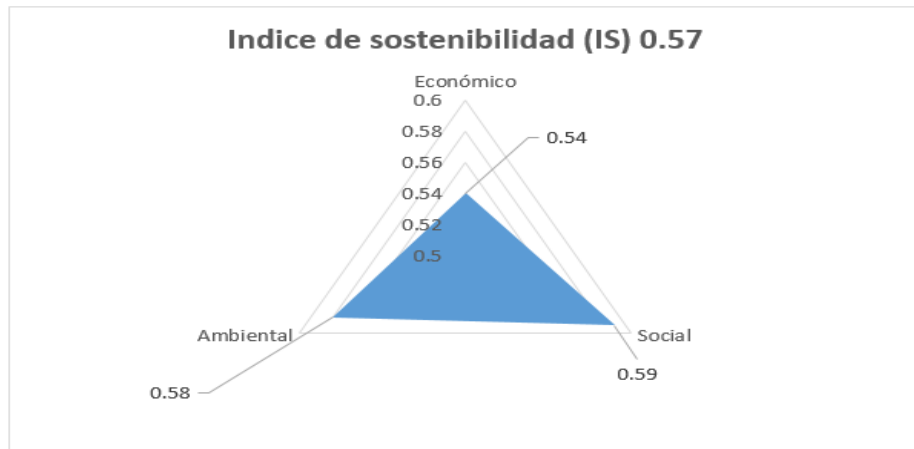


Figura 6. Índice de sostenibilidad.

IV. DISCUSIÓN

El % de acidez titulable obtenido en el análisis del chocolate con el T0 (0.1493) fue mayor al del tratamiento T3 (0.1280) y del T1 y T2 que tuvieron el mismo valor (0.06400); también se observó que existe diferencia significativa entre el T0 con el T1 y T2, evidenciando que el chocolate con fermentación espontánea T0 facilitó la producción de ácido láctico y acético responsables de la acidez, en comparación al cacao fermentado con cultivo iniciador, ya que este último requiere mayor tiempo para obtener niveles de acidez más altos, como lo reportado por Balcázar-Zumaeta et al.(2023).

Los azúcares reductores en la pasta del chocolate presentaron mayor concentración en el T3 (7.3691 ± 0.0596^a), en comparación con el T2 (5.9447 ± 0.0739^d); los cuales evidenciaron diferencia significativa en todos los tratamientos referente a la muestra control (T0). Afoakwa et al. (2011), determinaron que el incremento de los azúcares reductores se debe a la acción de la invertasa de la semilla del cacao nativo, que hidrolizó la sacarosa en glucosa y fructosa durante el periodo de fermentación.

Los resultados de la capacidad antioxidante se muestran en la Tabla 3, se observa que el tratamiento T2 fermentado con adición de cultivo iniciador al 0.075% logró mayor actividad antioxidante como IC_{50} (4.734 ± 0.223^a); esto indica que se requiere 4.734 g de chocolate para inhibir el 50 % de radical DPPH, en la muestra de control es de (2.836 ± 0.202^b), chocolate T3 fermentado con cultivo iniciador al 0.1% (2.529 ± 0.337^b) y chocolate T1 fermentado con 0.05% de cultivo iniciador (1.407 ± 0.414^c); indicando así que existe diferencia significativa en la muestra control con los tratamientos T1 y T2. Según Balcázar-Zumaeta et al. (2023), los principales fenoles presentes son los responsables del perfil antioxidante en las almendras del cacao el cual se incrementa con el proceso de fermentación controlada.

El contenido fenólico presenta mayor concentración en la muestra control (8.843) seguido de los demás tratamientos, los cuales indicaron una diferencia significativa en el proceso de elaboración del chocolate. Con estos resultados se puede decir que los compuestos fenólicos del chocolate oscuro son posiblemente irrelevantes para el cultivo iniciador agregados durante la fermentación del cacao (Lin & Choong, 2021). Estudios realizados en fermentación con cultivos iniciadores para la elaboración de chocolates oscuros

influyen en los resultados para mejorar su proceso de fermentación y la calidad del chocolate (Visintin et al., 2017).

Según los resultados que se muestran en la Tabla 4, la textura (dureza de la muestra) demuestra que no hay diferencia significativa entre la muestra y el testigo en el chocolate oscuro que fueron fermentados con cultivo iniciador (*S. cerevisiae*). Sin embargo, el chocolate oscuro fermentado sin cultivo iniciador tiene mayor dureza que las demás muestras, seguidamente el T3 con cultivo iniciador al 0.1% es el que continúa con mayor dureza. Lin & Choong (2021), manifiestan que la propiedad de textura, específicamente la dureza, en el chocolate fermentado puede atribuirse a la mayor viscosidad y al límite elástico del chocolate. Estos factores parecen influir en la firmeza de la textura observada en las muestras, especialmente cuando se varía la proporción de cultivo iniciador y se comparan diferentes condiciones de fermentación, por lo que es importante comprender cómo los cultivos iniciadores y las condiciones de fermentación impactan en las propiedades sensoriales y físicas del chocolate. Aunque en este estudio no se encontraron diferencias significativas entre los chocolates fermentados con y sin cultivo iniciador en términos de dureza, se evidenció que la presencia de cultivos iniciadores podría desempeñar un papel en la modulación de la textura del chocolate durante el proceso de fermentación.

La viscosidad en el rendimiento de Casson de la muestra testigo (18.790 ± 0.196^a Pa) es significativamente diferente al T3 donde se usó 0.1% de cultivo iniciador (13.60 ± 2.99^b Pa), el mayor rendimiento de Casson lo tuvo la muestra testigo seguido por el T2 con 0.075% de cultivo iniciador; y el de más bajo rendimiento fue el T3 con 0.1% de cultivo iniciador. En cuanto a la viscosidad, el chocolate testigo (2871 ± 434^a) tiene diferencia significativa con la muestra del T3 con 0.1% de cultivo iniciador (1855 ± 504^b). Sin embargo, la muestra testigo, el T1 y el T2 no tienen diferencia significativa. Se observa también que la viscosidad de Casson ha reducido a medida que se aumentó el % del cultivo iniciador (0, 0.05, 0.075, 0.1%); según Medina-Mendoza et al. (2021), esto se debe a las características reológicas relacionadas con los distintos pasos de la producción del chocolate oscuro, como la fermentación y el refinado, durante los cuales todos los parámetros reológicos aumentan drásticamente. Por lo tanto, si es necesario que las propiedades reológicas se regulen mediante la adición de manteca de cacao o

emulsionantes, al licor de cacao durante la producción de chocolate (Lin & Choong, 2021).

En los análisis sensoriales de los chocolates oscuros existe diferencia significativa entre aroma, acidez, amargor, astringencia, sabor y post gusto entre los tratamientos y la muestra control. También, se puede decir que el T3 tiene mejor aceptación seguido por la muestra control, y T2 es el que menos agradó a los panelistas. Según Mori-Mestanza (2021), se puede definir que la calidad del chocolate se influencia principalmente por el proceso de fermentación, siendo el indicador importante para el desarrollo del sabor y aroma, lo que incide en los atributos de calidad del cacao nativo criollo.

Los indicadores ambientales del proceso de fermentación del cacao utilizando los cultivos iniciadores muestran un índice de sostenibilidad ambiental de 0,58, lo que indica que la sostenibilidad en esta dimensión es inestable, según los resultados de la Figura 2. Los indicadores económicos se muestran en la Figura 3, y el índice de sostenibilidad económica es igual a 0,54, lo que indica que esta dimensión no es estable. La Figura 4 muestra los indicadores sociales que hacen que el índice de sostenibilidad social sea igual a 0,59; esto indica que la sostenibilidad de esta dimensión es inestable. La Figura 5 muestra las tres dimensiones de la sostenibilidad: económica, social y ambiental, junto con un índice de sostenibilidad fijo igual a 0.57; según los indicadores y las escalas de la calificación propuesto por Cantú-Martínez (2017). Se demuestra que la sostenibilidad de todo el proceso de fermentación del cacao no se estabiliza. Durante la producción de cacao y después de la cosecha, es muy importante fortalecer los tres indicadores: social, económico y ambiental, así como fortalecer la participación de género, las condiciones óptimas de trabajo, la capacitación a largo plazo y los aumentos salariales, para mejorar la calidad de vida de las familias y lograr un desarrollo sostenible y continuo.

V. CONCLUSIONES

La fermentación del grano de cacao nativo se realizó en cuatro cajas de madera con una capacidad de 40 kg cada una, con los siguientes tratamientos: T0 que fue la muestra control, T1 con adición de cultivo iniciador de 0.05%, T2 con adición de cultivo al 0.075% y el T3 con adición de cultivo al 0.1%. De los métodos de fermentación, se logró obtener diferentes resultados en las propiedades reológicas, texturales, % de acidez, sensoriales y azúcares reductores de los chocolates del producto final, obteniendo así que el T3 tiene los mejores resultados referente a los análisis realizados.

El uso de cultivos iniciadores para la fermentación del cacao criollo presenta una serie de efectos significativos en el proceso y la calidad del producto final, influyendo positivamente en muchos aspectos de la fermentación del chocolate oscuro y en las propiedades sensoriales; contribuyendo a la producción de compuestos aromáticos y precursores del sabor que influyen en las características organolépticas del chocolate, aportando notas de frutas, florales y otros matices agradables. La actividad de los cultivos iniciadores también puede contribuir a una fermentación más eficiente en términos de tiempo, lo que podría ser beneficioso para la productividad.

El % de acidez en la pasta de cacao aumentó en la muestra control y en el T3, indicando que la fermentación con mayor concentración de cultivo iniciador tiene efectos más potentes. Los azúcares reductores aumentaron por efecto del cultivo iniciador como se muestra en el T3, debido a la acción de la invertasa de la semilla del cacao nativo, que, durante la fermentación, hidrolizan la sacarosa en glucosa y fructosa.

Para la textura del chocolate oscuro se observó que el T0, sin cultivo iniciador, exhibe una mayor dureza seguido por el T3 que tuvo cultivo iniciador al 0.1%. En la evaluación reológica se determinó que el T0 es más viscoso y tiene mejor rendimiento que los demás tratamientos, definiendo así que, a mayor concentración de cultivo iniciador, las muestras serán menos viscosas que la muestra testigo.

En el análisis sensorial se observa que en los tratamientos con la muestra control no existe diferencia significativa en el aroma, acidez, amargor, astringencia, sabor y post gusto. El T3 tuvo mejor aceptación seguida del T0; el que menos acogida tuvo por los panelistas fue el T2.

Los resultados en la sostenibilidad muestran que los procesos de fermentación del cacao utilizando cultivos iniciadores enfrentan importantes desafíos en la sostenibilidad ambiental, económica y social. Como los índices son inestables en estas dimensiones indican la necesidad de abordar la gestión de recursos, la distribución de beneficios y las condiciones laborales. Para lograr el desarrollo sostenible de la producción de cacao, se debe tomar en cuenta las medidas necesarias para fortalecer estos indicadores y promover la igualdad de género, educación y la mejora de la calidad de vida de las poblaciones locales involucradas en este proceso.

VI. RECOMENDACIONES

- Aprovechar de manera efectiva los cultivos iniciadores en la fermentación de cacao criollo dado que requiere de una exploración continua, investigaciones adicionales y un enfoque multidisciplinario que abarque aspectos de microbiología, tecnología de alimentos y ciencia sensorial.
- El objetivo final es mejorar la calidad y la experiencia del chocolate para los consumidores por lo que se optimiza la producción y el proceso de fermentación.
- Divulgar los beneficios potenciales del uso de cultivos iniciadores en la fermentación de cacao criollo a la comunidad científica, productores de cacao y consumidores puede fomentar una mayor apreciación por la calidad y la diversidad de sabores en el chocolate.
- Una vez que se determina la combinación óptima de cultivos iniciadores y condiciones de fermentación, se puede explorar la aplicación práctica de estos hallazgos a la industria del chocolate. Esto podría significar desarrollar políticas para los productores de cacao y chocolateros para mejorar la calidad y consistencia del producto final.
- Utilizar tecnologías de producción más respetuosas con el medio ambiente y que optimicen las materias primas, recursos genéticos, tiempo, recursos humanos e infraestructura buscando la sostenibilidad.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Afoakwa, E. O., Quao, J., Budu, A. S., Takrama, J., & Saalia, F. K. (2011). *Effect of pulp preconditioning on acidification , proteolysis , sugars and free fatty acids concentration during fermentation of cocoa (Theobroma cacao) beans*. 62(November), 755–764. <https://doi.org/10.3109/09637486.2011.581224>
- Astier et al. (2002). (2002). Derivación de indicadores de calidad de suelos en el contexto de la agricultura sustentable. *Agrociencia*.
- Balcázar-Zumaeta, C. R., Pajuelo-Muñoz, A. J., Trigoso-Rojas, D. F., Iliquin-Chavez, A. F., Fernández-Romero, E., Yoplac, I., Muñoz-Astecker, L. D., Rodríguez-Hamamura, N., Maza Mejía, I. M., Cayo-Colca, I. S., Chagas-Junior, G. C. A., Maicelo-Quintana, J. L., & Castro-Alayo, E. M. (2023). Reduction in the Cocoa Spontaneous and Starter Culture Fermentation Time Based on the Antioxidant Profile Characterization. *Foods*, 12(17). <https://doi.org/10.3390/foods12173291>
- 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)
- Cahyani, A., Kurniasari, J., Nafingah, R., Rahayoe, S., Harmayani, E., & Saputro, A. D. (2019). Determining casson yield value, casson viscosity and thixotropy of molten Chocolate using viscometer. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 355(1), 012041. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/355/1/012041>
- Cantú-Martínez, P. C. (2017). Sustentabilidad Social : Un acercamiento sociolaboral y de ciudadanía a la mujer mexicana. *Revista de Investigación de Ciencias Sociales*, 13, 112–124. <https://doi.org/10.18004/riics.2017.julio.112-124>
- Castro-Alayo, E. M., Idrogo-Vásquez, G., Siche, R., & Cardenas-Toro, F. P. (2019). Formation of aromatic compounds precursors during fermentation of Criollo and Forastero cocoa. *Heliyon*, 5(1), e01157. <https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2019.E01157>
- Chagas Junior, G. C. A., Ferreira, N. R., & Lopes, A. S. (2021). The microbiota diversity identified during the cocoa fermentation and the benefits of the starter cultures use: an overview. *International Journal of Food Science and Technology*, 56(2), 544–552. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14740>

- Cornejo, O. E., Yee, M. C., Dominguez, V., Andrews, M., Sockell, A., Strandberg, E., Livingstone, D., Stack, C., Romero, A., Umaharan, P., Royaert, S., Tawari, N. R., Ng, P., Gutierrez, O., Phillips, W., Mockaitis, K., Bustamante, C. D., & Motamayor, J. C. (2018). Population genomic analyses of the chocolate tree, *Theobroma cacao* L., provide insights into its domestication process. *Communications Biology*, *1*(1), 1–12. <https://doi.org/10.1038/s42003-018-0168-6>
- Díaz-Muñoz, C., Van de Voorde, D., Tuentler, E., Lemarcq, V., Van de Walle, D., Soares Maio, J. P., Mencía, A., Hernandez, C. E., Comasio, A., Sioriki, E., Weckx, S., Pieters, L., Dewettinck, K., & De Vuyst, L. (2023). An in-depth multiphasic analysis of the chocolate production chain, from bean to bar, demonstrates the superiority of *Saccharomyces cerevisiae* over *Hanseniaspora opuntiae* as functional starter culture during cocoa fermentation. *Food Microbiology*, *109*, 104115. <https://doi.org/10.1016/J.FM.2022.104115>
- El Peruano. (2015). *Normas legales Declaran de interés regional la obtención de la denominación de origen del “Cacao Amazonas Perú.”*
- Gutierrez, Humberto. de la Vara, R. (2015). *Análisis y Diseño de Experimentos. May 2012.*
- Lin, Y. C., & Choong, Y. M. (2021). *The Influence on Phenolic , Aroma Compounds , Rheological and Sensory Properties of Chocolates by Different Strains Inoculated Fermentation.* *9*(3), 124–135. <https://doi.org/10.12691/jfnr-9-3-4>
- Medina-Mendoza, M., Rodriguez-Pérez, R. J., Rojas-Ocampo, E., Torrejón-Valqui, L., Fernández-Jeri, A. B., Idrogo-Vásquez, G., Cayo-Colca, I. S., & Castro-Alayo, E. M. (2021). Rheological, bioactive properties and sensory preferences of dark chocolates with partial incorporation of Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) oil. *Heliyon*, *7*(2). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06154>
- Mori-Mestanza, D. (2021). *ESTANDARIZACIÓN DE LA FERMENTACIÓN DE CACAO (Theobroma cacao) NATIVO FINO DE AROMA.*
- Navia, O. A. A., & Pasmíño, P. N. V. (2012). *ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción Previo a la obtención del Título de : INGENIERA DE ALIMENTOS Presentada por : Cecilia Katherine Uzca Sornoza GUAYAQUIL – ECUADOR Año : 2009 AGRADECIMIENTO.*

- [http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/21147/MEJORAMIENTO DE CARACTERISTICAS SENSORIALES CACAO CCN51.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/21147/MEJORAMIENTO_DE_CARACTERISTICAS_SENSORIALES_CACAO_CCN51.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Otárola, A. (2018). *Efecto de la enzima pectolítica y levadura (Saccharomyces cerevisiae) en la fermentación y calidad del cacao Var. criollo (Theobroma cacao)*. 202.
- Rivera, G. A. B. (2017). *ESTUDIO DE LA ACTIVIDAD MICROBIANA DURANTE EL PROCESO DE FERMENTACIÓN EN HÍBRIDOS DE CACAO (Theobroma cacao L.) MEDIANTE LA ADICIÓN DE MUSÁCEAS*. UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO.
- Sarandón, S. (2002). *sustentable . (Editor), Ediciones Científicas Americanas , La Plata . 560 pgs . (Issue May)*.
- Smyth, A. J., & Dumanski, J. (1995). A framework for evaluating sustainable land management. *Canadian Journal of Soil Science*, 75(4), 401–406. <https://doi.org/10.4141/cjss95-059>
- Visintín, S., Ramos, L., Batista, N., Dolci, P., Schwan, F., & Cocolin, L. (2017). Impact of *Saccharomyces cerevisiae* and *Torulasporea delbrueckii* starter cultures on cocoa beans fermentation. *International Journal of Food Microbiology*, 257(2016), 31–40. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2017.06.004>
- Wacher, R. M. del C. (2011). Microorganismos y chocolate. *Revista Digital Universitaria*, 12(4), 1067–6079.

ANEXOS

Anexo 1: Resultados de los contenidos fenólicos y Capacidad antioxidante IC50

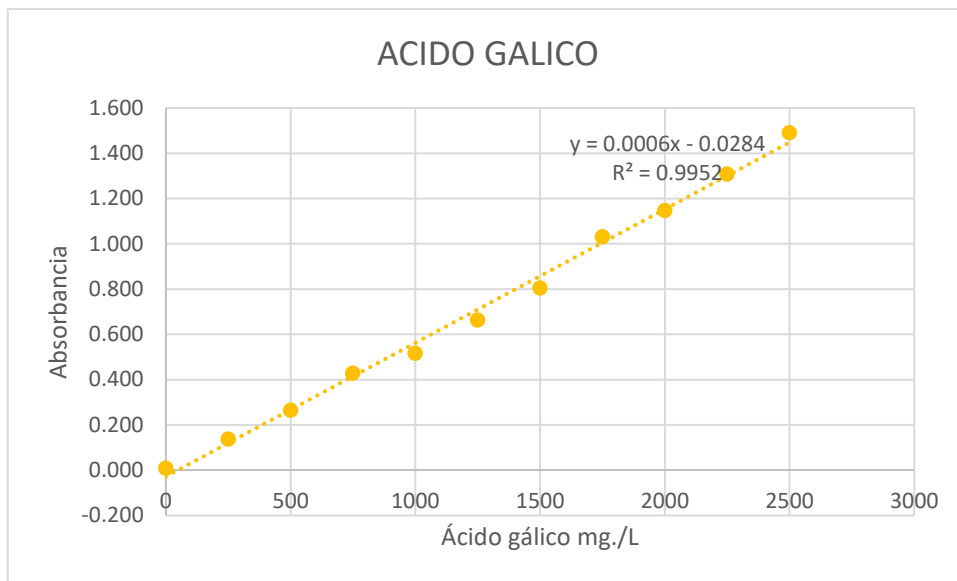


Figura 7. Curva de calibración de contenidos fenólicos

ANOVA unidireccional: CF vs. Chocolate

Comparaciones en parejas de Tukey

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

Chocolate N Media Agrupación

| | | | |
|----|---|--------|---|
| CR | 3 | 8.843 | A |
| T3 | 3 | 8.0044 | B |
| T1 | 3 | 6.4322 | C |
| T2 | 3 | 5.354 | D |

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

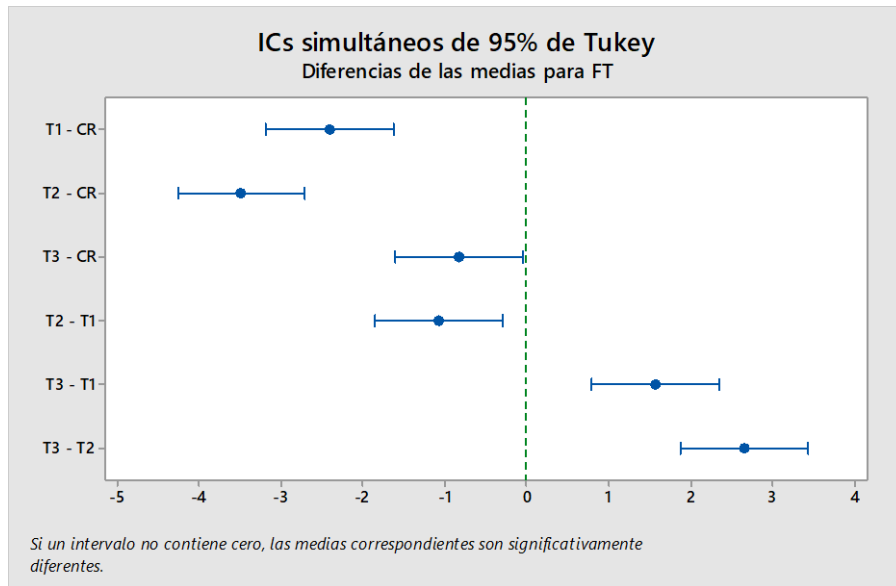


Figura 8. ICs simultáneos de 95% de Tukey del contenido total de fenoles

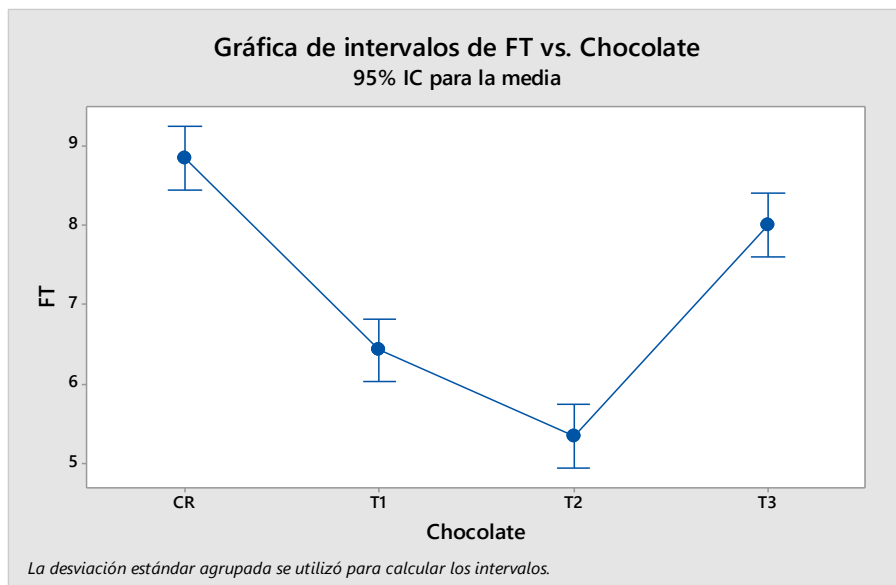


Figura 9. intervalos de mgGAE/g muestras vs. muestra del contenido total de fenoles

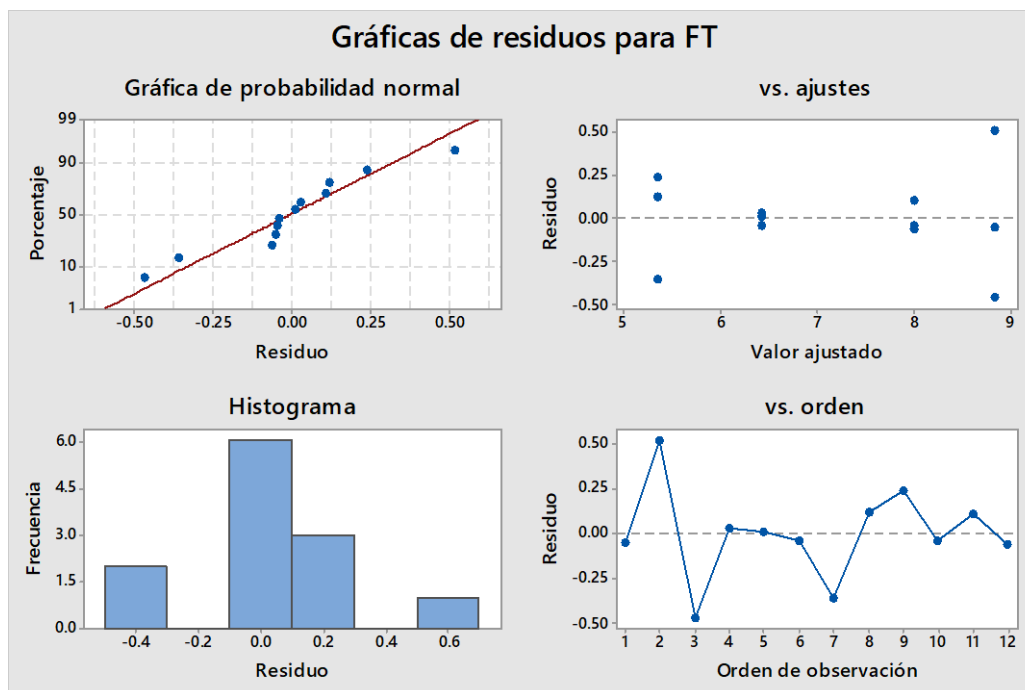


Figura 10. residuos para mgGAE/g muestra del contenido total de fenoles

ANOVA unidireccional: IC50 vs. Chocolate

Comparaciones en parejas de Tukey

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

| Chocolate | N | Media | Agrupación |
|-----------|---|-------|------------|
| T2 | 3 | 4.734 | A |
| CR | 3 | 2.836 | B |
| T3 | 3 | 2.529 | B |
| T1 | 3 | 1.407 | C |

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 |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| C1R1 | 0.013 | 0.023 | 0.070 | 0.080 | 0.092 | 0.001 | 0.130 | 90.000 | 82.308 | 46.154 | 38.462 | 29.231 | 2.9793 |
| C1R2 | 0.016 | 0.022 | 0.074 | 0.086 | 0.092 | 0.003 | 0.129 | 87.597 | 82.946 | 42.636 | 33.333 | 28.682 | 2.6053 |
| C1R3 | 0.015 | 0.023 | 0.070 | 0.085 | 0.091 | 0.001 | 0.130 | 88.462 | 82.308 | 46.154 | 34.615 | 30.000 | 2.9244 |
| T1R1 | 0.021 | 0.052 | 0.075 | 0.084 | 0.091 | 0.001 | 0.101 | 79.228 | 48.566 | 25.816 | 16.914 | 9.990 | 1.0382 |
| T1R2 | 0.023 | 0.044 | 0.071 | 0.088 | 0.092 | 0.001 | 0.104 | 77.885 | 57.692 | 31.731 | 15.385 | 11.538 | 1.3285 |
| T1R3 | 0.024 | 0.052 | 0.069 | 0.081 | 0.090 | 0.000 | 0.102 | 76.471 | 49.020 | 32.353 | 20.588 | 11.765 | 1.8554 |
| T2R1 | 0.024 | 0.038 | 0.044 | 0.068 | 0.082 | 0.001 | 0.104 | 76.923 | 63.462 | 57.692 | 34.615 | 21.154 | 4.5947 |
| T2R2 | 0.023 | 0.037 | 0.041 | 0.064 | 0.084 | 0.000 | 0.106 | 78.302 | 65.094 | 61.321 | 39.623 | 20.755 | 4.9917 |
| T2R3 | 0.025 | 0.036 | 0.043 | 0.064 | 0.085 | 0.001 | 0.105 | 76.190 | 65.714 | 59.048 | 39.048 | 19.048 | 4.6162 |
| T3R1 | 0.008 | 0.015 | 0.027 | 0.049 | 0.055 | 0.000 | 0.073 | 89.041 | 79.452 | 63.014 | 32.877 | 24.658 | 2.4270 |
| T3R2 | 0.005 | 0.012 | 0.028 | 0.051 | 0.054 | 0.001 | 0.075 | 93.333 | 84.000 | 62.667 | 32.000 | 28.000 | 2.2545 |
| T3R3 | 0.007 | 0.010 | 0.029 | 0.043 | 0.056 | 0.000 | 0.076 | 90.789 | 86.842 | 61.842 | 43.421 | 26.316 | 2.9059 |

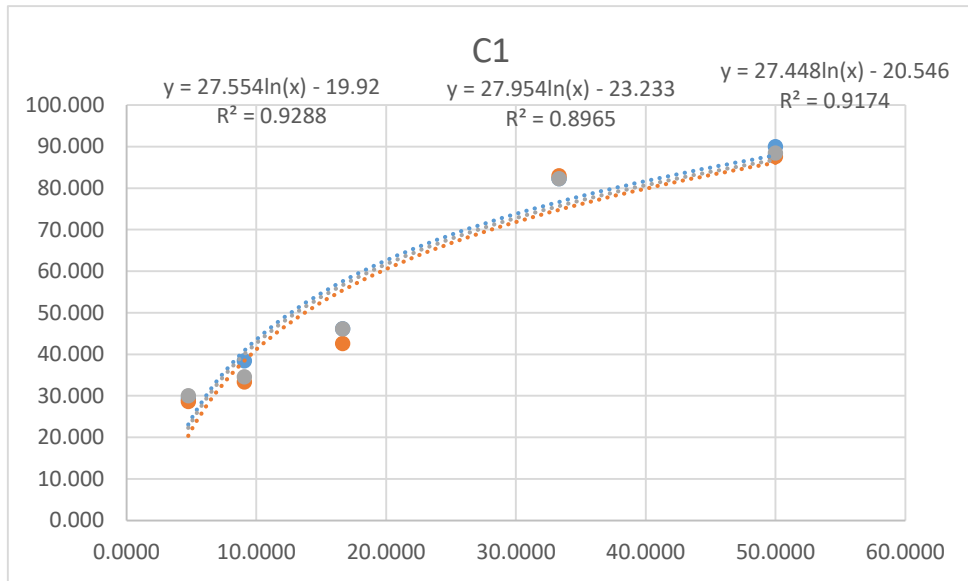


Figura 11. Actividad antioxidante muestra control

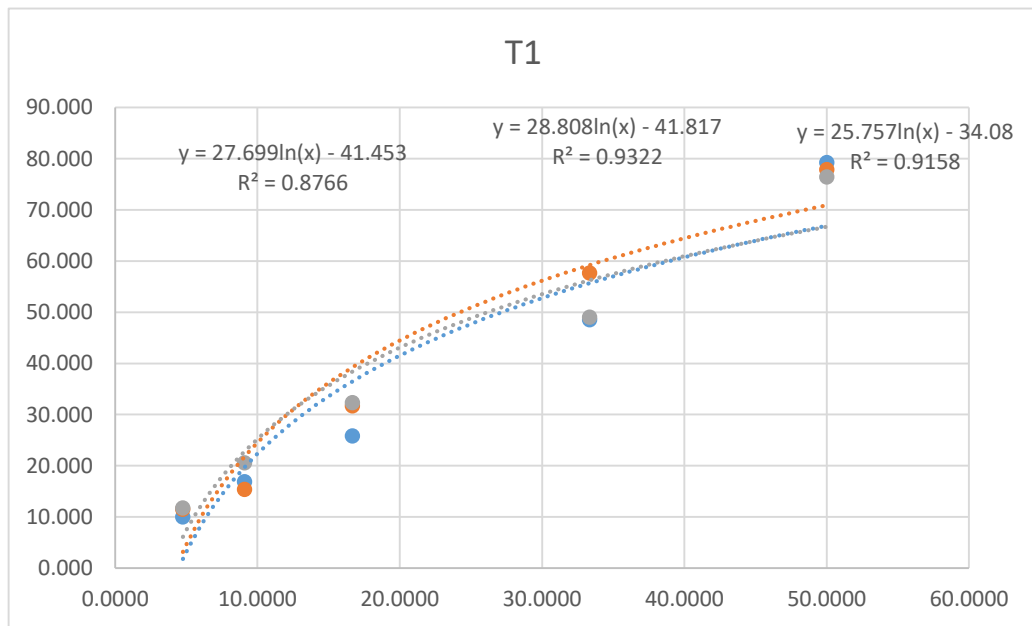


Figura 12. Actividad antioxidante chocolate con cultivo al 2%

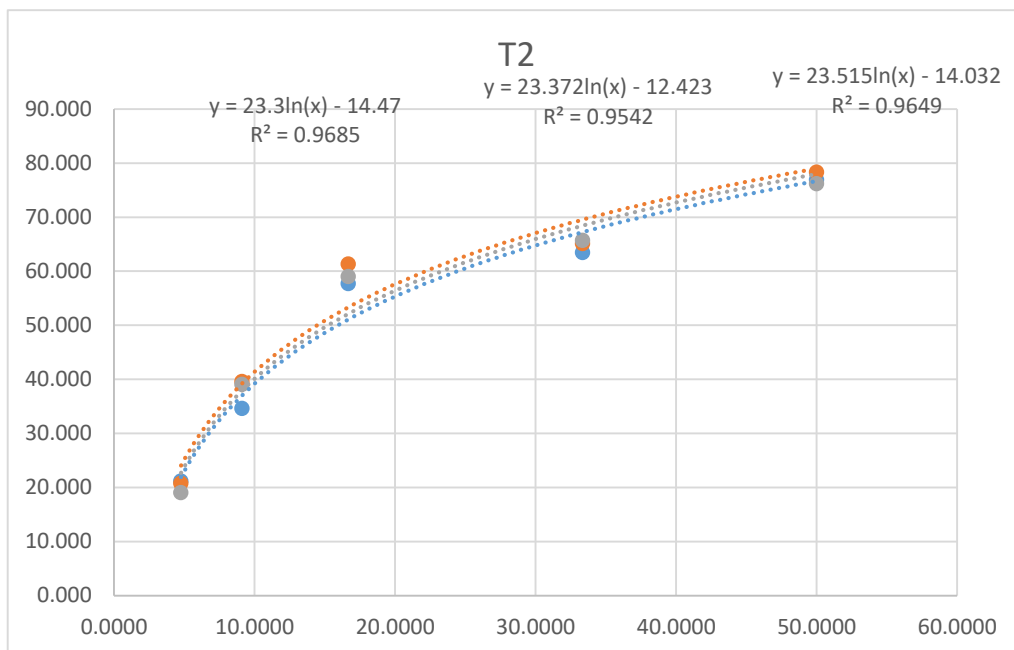


Figura 13. Actividad antioxidante chocolate con cultivo al 3%

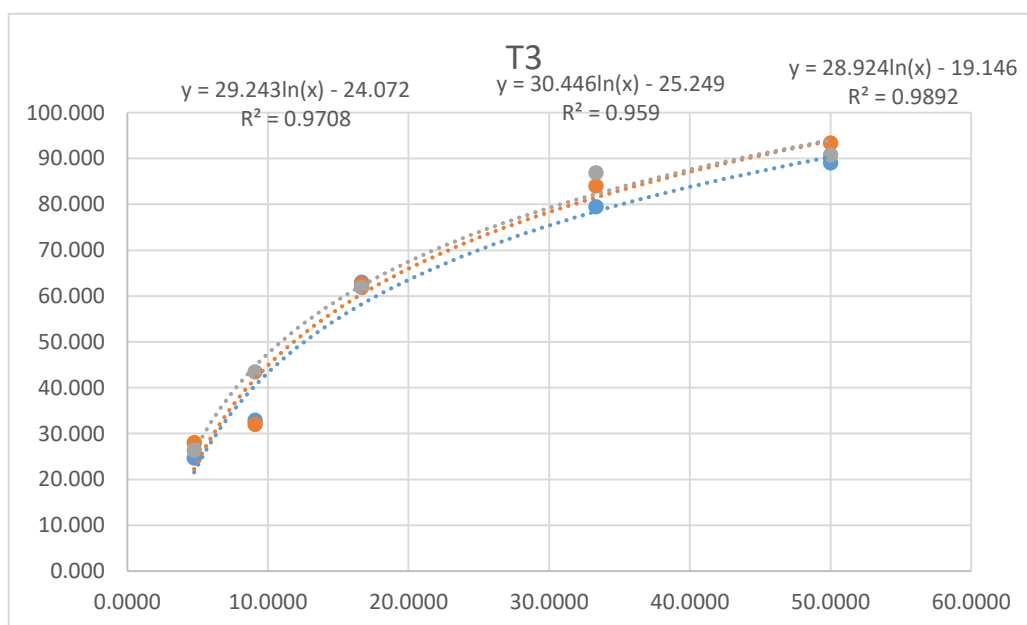


Figura 14. Actividad antioxidante chocolate con cultivo al 4%

Anexo 2. Resultados de textura y comportamiento reológico

ANOVA unidireccional: dureza vs. Chocolate

Comparaciones en parejas de Tukey

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

| Chocolate | N | Media | Agrupación |
|-----------|---|-------|------------|
| CR | 3 | 7743 | A |
| T3 | 3 | 7493 | A |
| T1 | 3 | 6643 | A |
| T2 | 3 | 5677 | A |

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

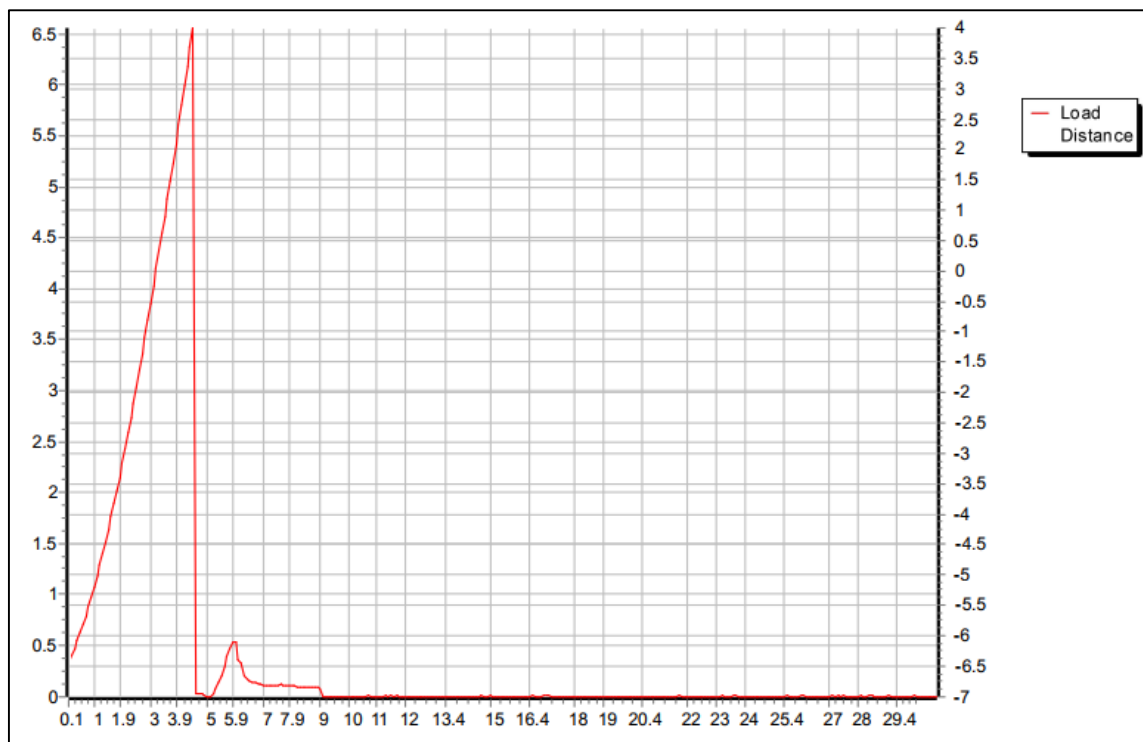


Figura 15. Resultado de dureza de la muestra control (CR1)

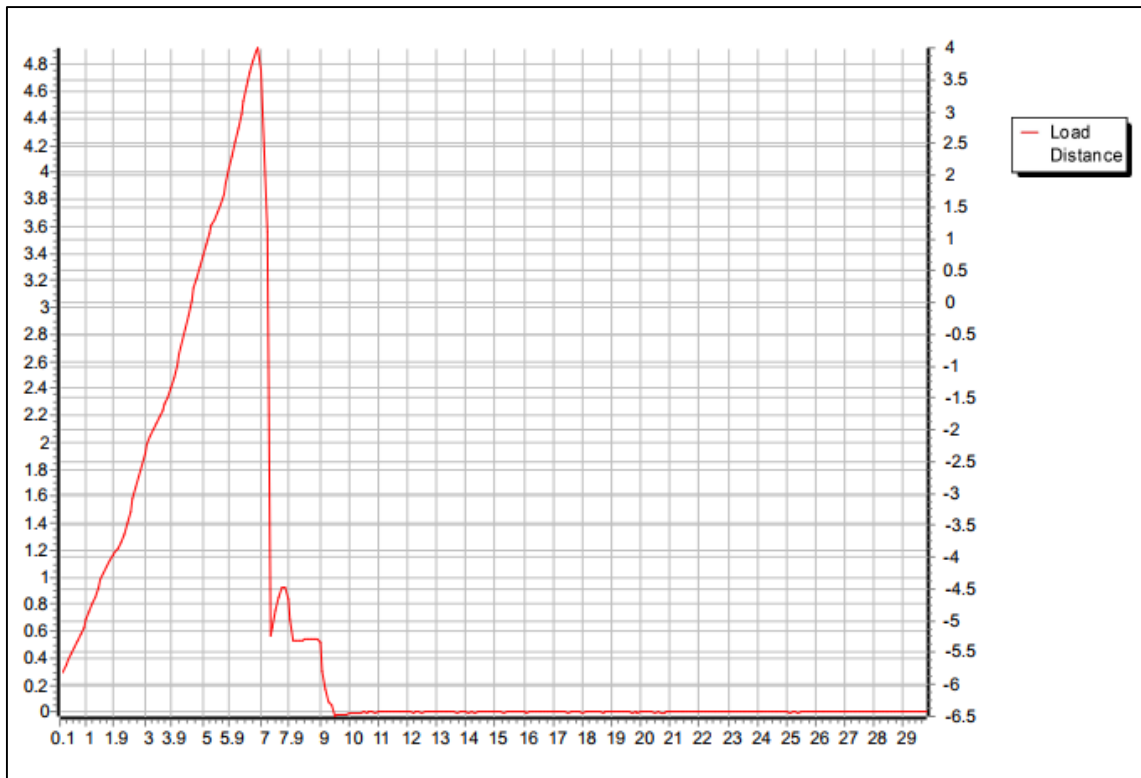


Figura 16. Resultado de dureza de la Tratamiento 1 al 2% (T1R1)

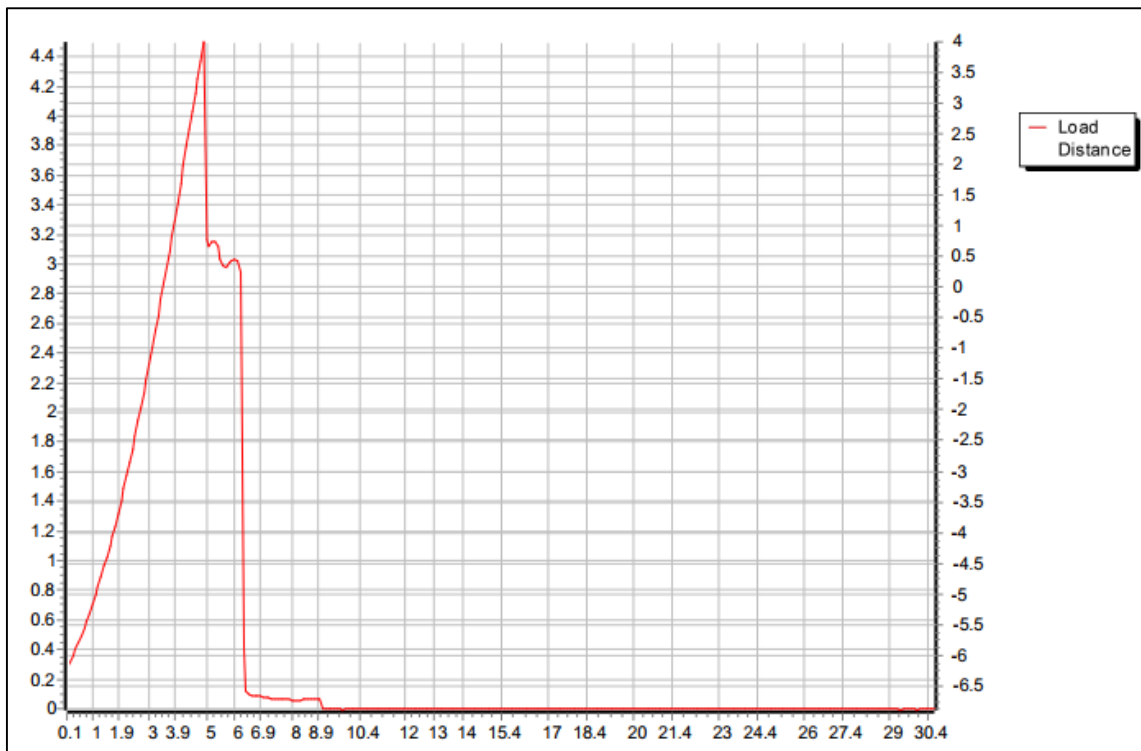


Figura 17. Resultado de dureza del Tratamiento 2 al 3% (T2R1)

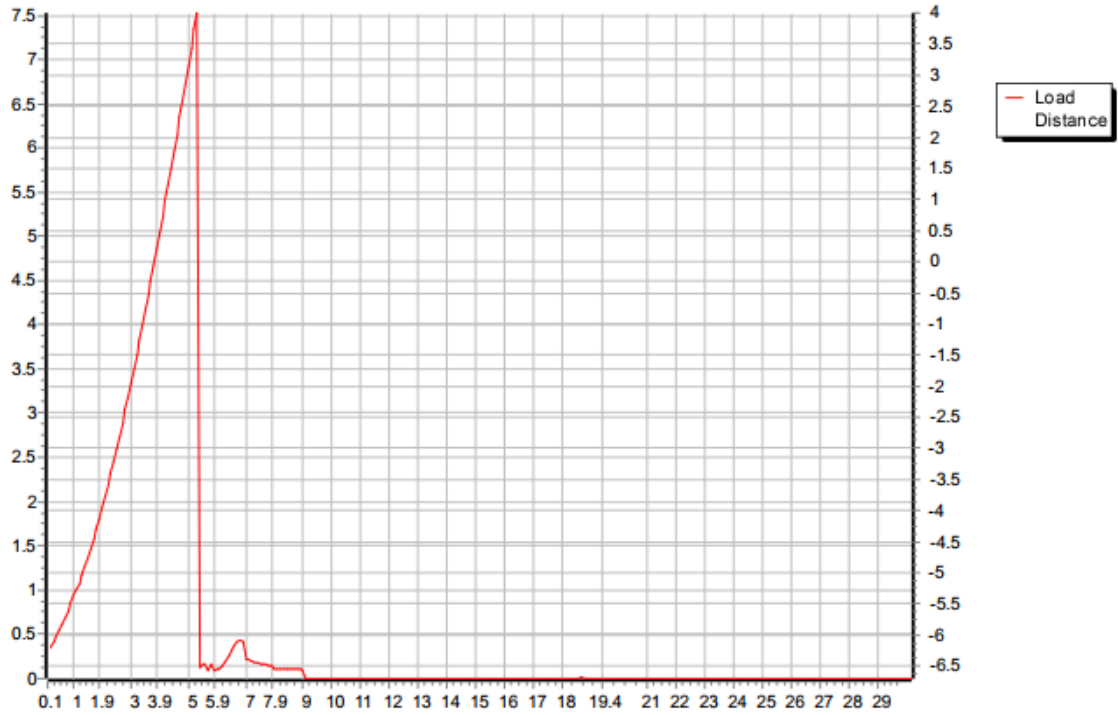


Figura 18. Resultado de dureza del Tratamiento 3 al 4% (T3R1)

ANOVA unidireccional: Viscosidad vs. Chocolate

Comparaciones en parejas de Tukey

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

| Chocolate | N | Media | Agrupación |
|-----------|---|--------|------------|
| CR | 3 | 2871 | A |
| T1 | 3 | 2438.7 | A B |
| T2 | 3 | 2219 | A B |
| T3 | 3 | 1855 | B |

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

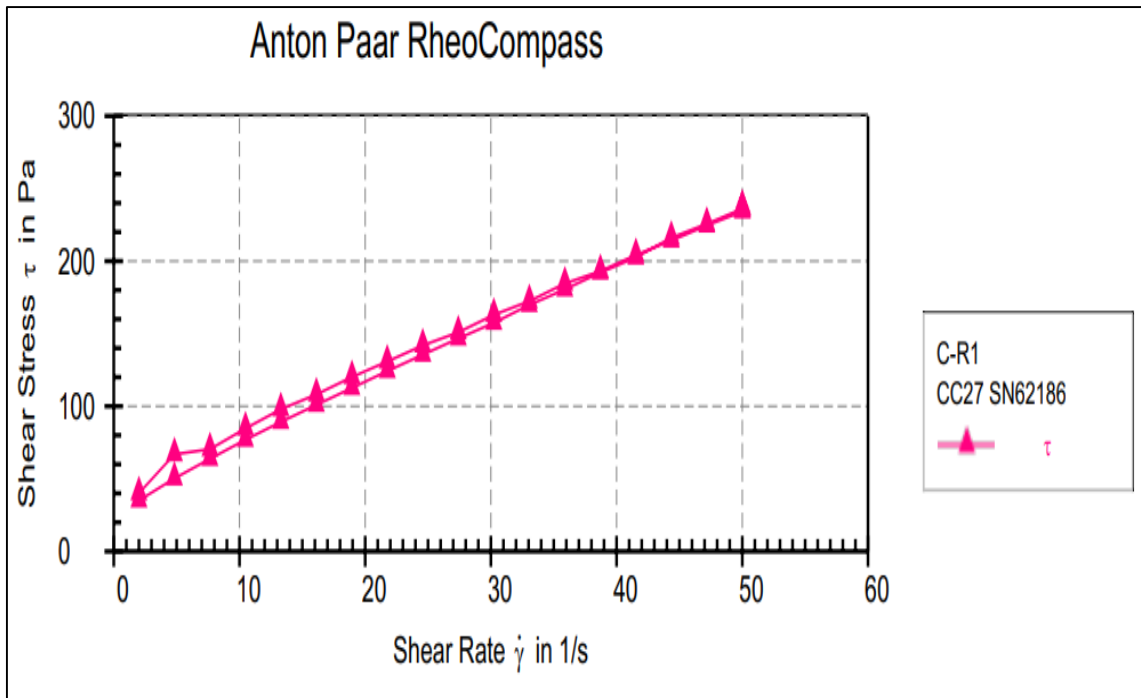


Figura 19. Resultado de viscosidad de la muestra control (CR1)

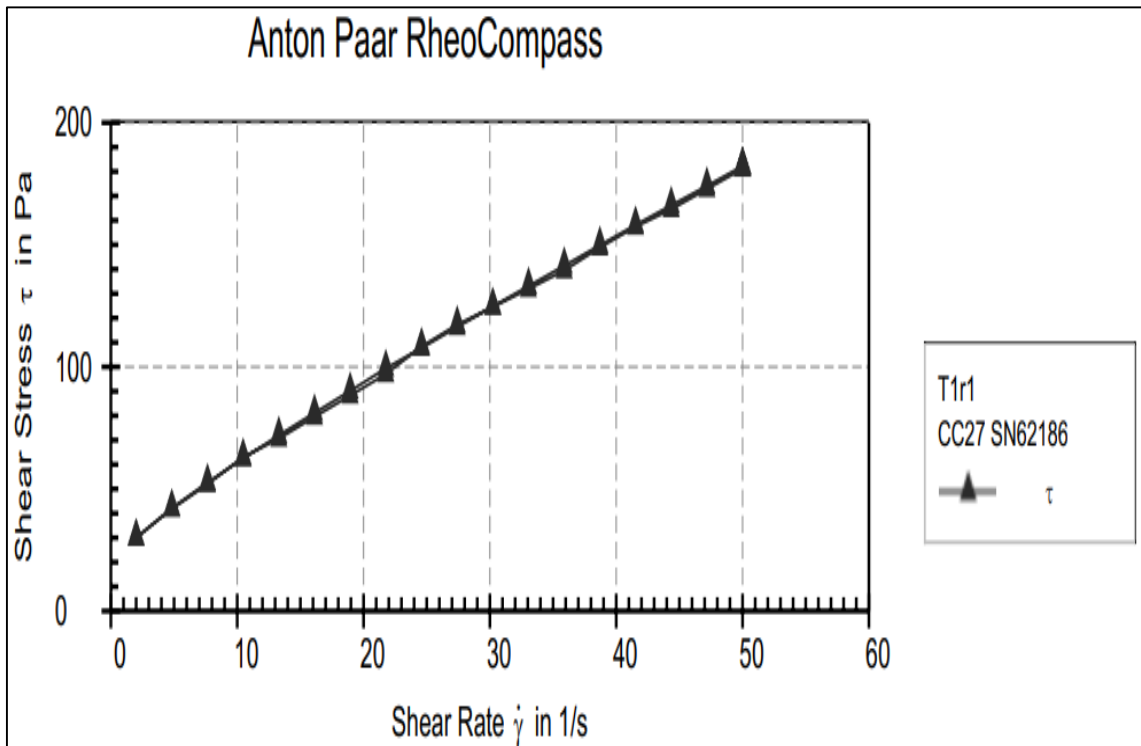


Figura 20. Resultado de viscosidad del Tratamiento 1 al 2%

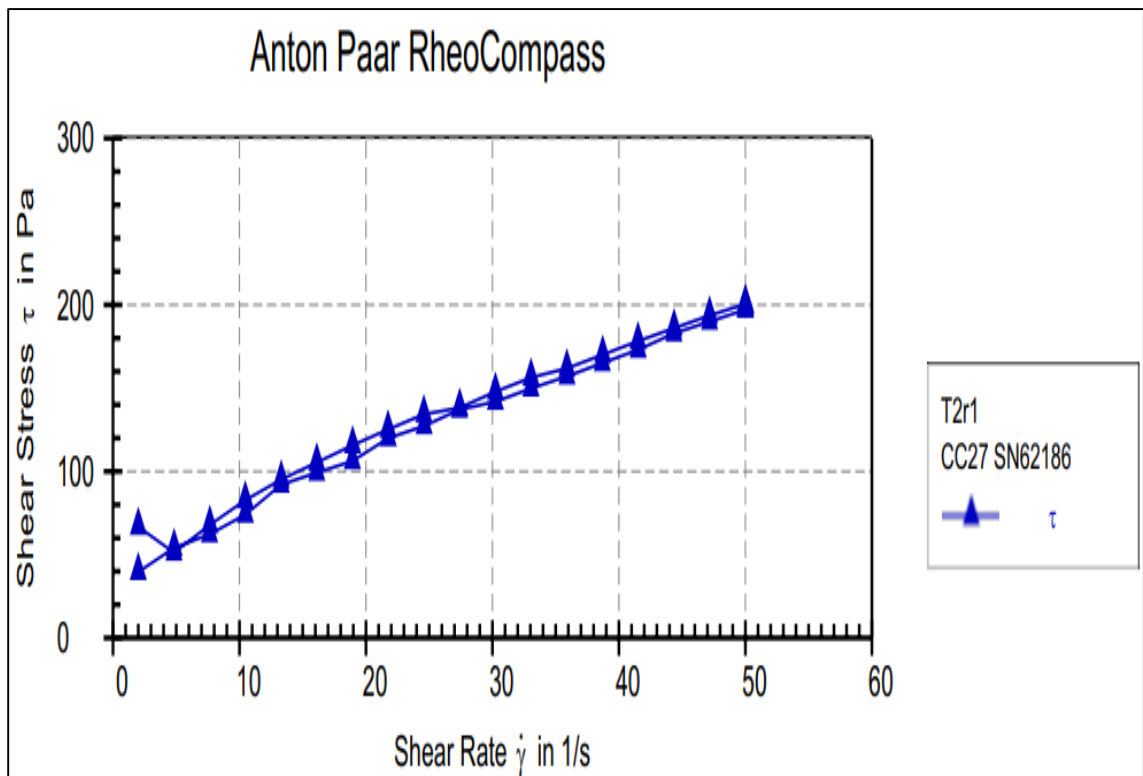


Figura 21. Resultado de viscosidad del Tratamiento 2 al 3%

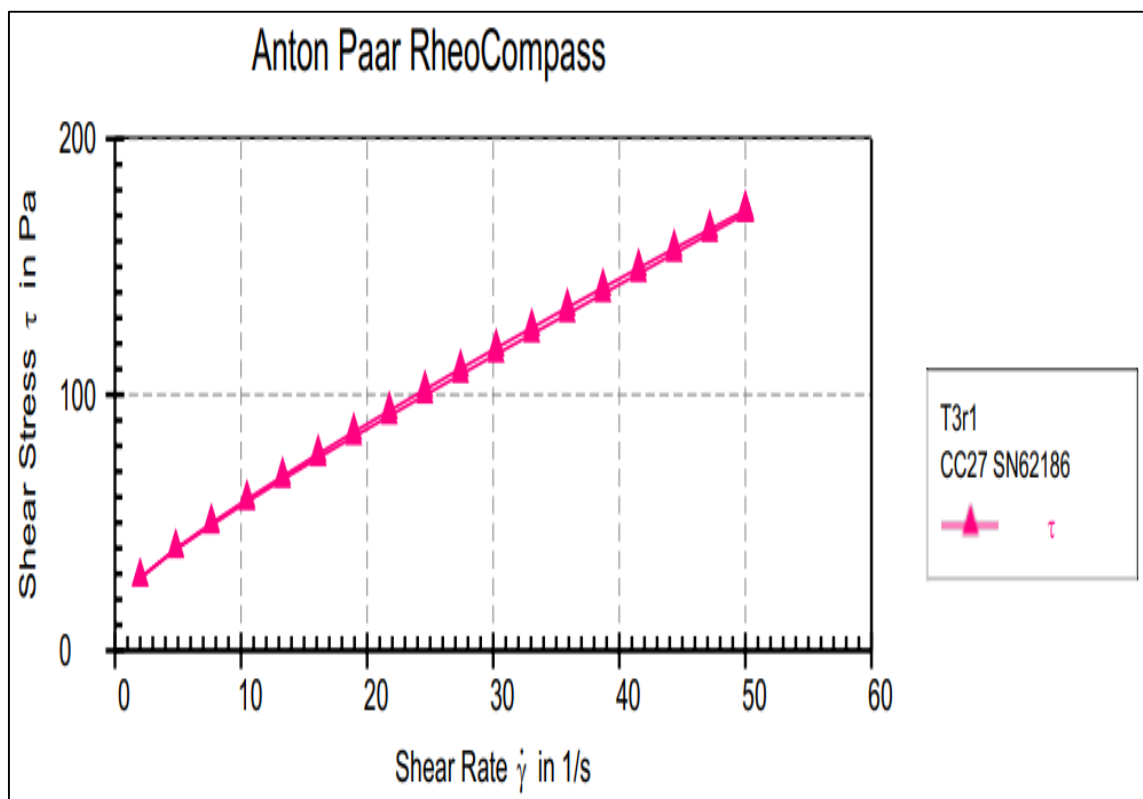


Figura 22. Resultado de viscosidad del Tratamiento 3 al 4%

Anexo 3. Resultados de azúcares reductores y % de acidez

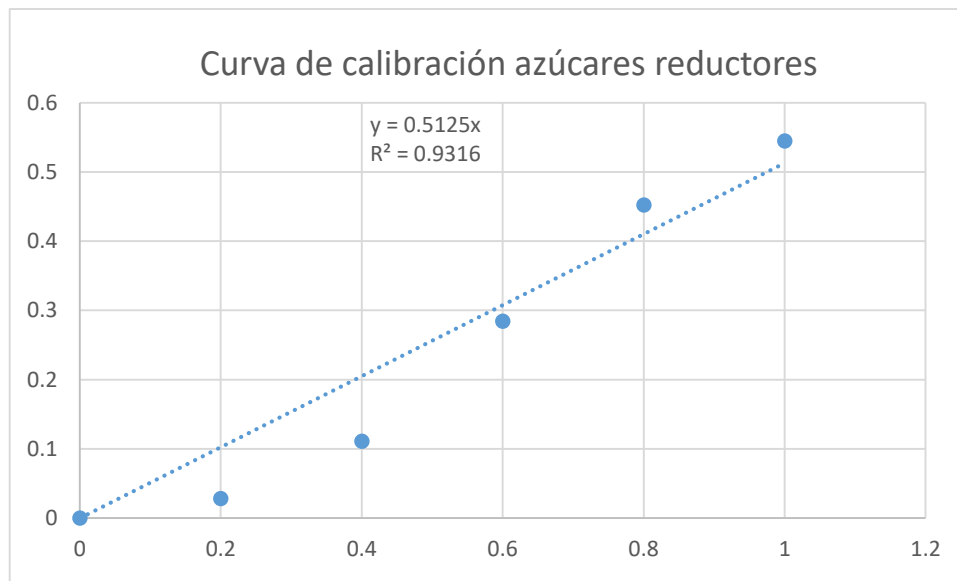


Figura 23. Curva de calibración de azúcar reductor

ANOVA unidireccional: azúcares reductores vs. Chocolate

Comparaciones en parejas de Tukey

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

| Chocolate | N | Media | Agrupación |
|-----------|---|--------|------------|
| T3 | 3 | 7.3691 | A |
| T1 | 3 | 6.7252 | B |
| CR | 3 | 6.3480 | C |
| T2 | 3 | 5.9447 | D |

Anexo 4. Resultados de análisis sensorial



ANÁLISIS SENSORIAL DE CACAO

Ficha de Catación

MUESTRA _____

CATADOR _____

FECHA _____

| CATEGORIAS | | INTENSIDAD | DESCRIPTORES | CALIDAD (0-10) | PUNTAJE |
|----------------------|--|-----------------|-------------------|----------------|---------|
| Aroma | | 0 1 2 3 4 5 | | | x 1 = |
| Acidez | | 0 1 2 3 4 5 | | | x 1 = |
| Amargor | INTENSIDAD 0 a 2.5: ≥ 5 en calidad 2.5 a 5: ≤ 5 en calidad | 0 1 2 3 4 5 | | | x 1 = |
| Astringencia | | 0 1 2 3 4 5 | | | x 1 = |
| Defectos | | 0 1 2 3 4 5 | | | x 2 = |
| Sabor | Cocoa/Cacao | 0 1 2 3 4 5 | | | x 2 = |
| | Dulce | 0 1 2 3 4 5 | | | |
| | Nuez | 0 1 2 3 4 5 | | | |
| | Frutas secas | 0 1 2 3 4 5 | | | |
| | Frutas frescas | 0 1 2 3 4 5 | | | |
| | Floral | 0 1 2 3 4 5 | | | |
| | Espicias | 0 1 2 3 4 5 | | | |
| | Otros | | | | |
| Pos gusto | | 0 1 2 3 4 5 | | | x 1 = |
| COMENTARIOS: | | | PUNTOS DE CATADOR | | x 1 = |
| PUNTAJE FINAL | | | | | |

ESCALA DE INTENSIDAD

| | | | | | |
|---------|-------------------|----------|------------------------|-----------|---------|
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Ausente | Apenas detectable | Presente | Caracteriza la muestra | Dominante | Extremo |

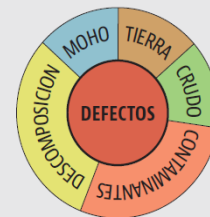
ESCALA DE CALIDAD

| | | | | | | | | | | |
|--------|------|---|---------|---|-------|---|-----------|---|---|----|
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Pésimo | Malo | | Regular | | Bueno | | Excelente | | | |

TIPS PARA EVALUAR CALIDAD EN DEFECTOS

Nombrar el defecto:
Una reducción de puntos en calidad debe ser justificado en Descriptores.

Relación inversa:
Entre más intenso el sabor defectuoso, se reduce el puntaje en calidad.



Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual: No se permite un uso comercial de la obra ni de las posibles obras derivadas, la distribución de las cuales se debe hacer con una licencia igual a la que regula la obra original. Proyecto de Desarrollo de Cooperativas USAID-Equal Exchange-TCHO, Versión 2017.

ANOVA unidireccional: Aroma 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 | CR; T1; T2; T3 |

Medias

| Chocolate | N | Media | Desv.Est. | IC de 95% |
|-----------|---|-------|-----------|----------------|
| CR | 3 | 7.333 | 0.577 | (6.392; 8.275) |
| T1 | 3 | 6.667 | 0.577 | (5.725; 7.608) |
| T2 | 3 | 7.000 | 1.000 | (6.059; 7.941) |
| T3 | 3 | 7.333 | 0.577 | (6.392; 8.275) |

Desv.Est. agrupada = 0.707107

Comparaciones en parejas de Tukey

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

| Chocolate | N | Media | Agrupación |
|-----------|---|-------|------------|
| T3 | 3 | 7.333 | A |
| CR | 3 | 7.333 | A |
| T2 | 3 | 7.000 | A |
| T1 | 3 | 6.667 | A |

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

ANOVA unidireccional: Acidez 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 |
|--------|---------|---------|
|--------|---------|---------|

Medias

| Chocolate | N | Media | Desv.Est. | IC de 95% |
|-----------|---|-------|-----------|----------------|
| CR | 3 | 7.000 | 0.000 | (6.059; 7.941) |
| T1 | 3 | 7.333 | 0.577 | (6.392; 8.275) |
| T2 | 3 | 6.667 | 1.155 | (5.725; 7.608) |
| T3 | 3 | 6.333 | 0.577 | (5.392; 7.275) |

Desv.Est. agrupada = 0.707107

Comparaciones en parejas de Tukey

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

| Chocolate | N | Media | Agrupación |
|-----------|---|-------|------------|
| T1 | 3 | 7.333 | A |
| CR | 3 | 7.000 | A |
| T2 | 3 | 6.667 | A |
| T3 | 3 | 6.333 | A |

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

ANOVA unidireccional: Amargor 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 | CR; T1; T2; T3 |

Medias

| Chocolate | N | Media | Desv.Est. | IC de 95% |
|-----------|---|-------|-----------|----------------|
| CR | 3 | 6.667 | 0.577 | (5.807; 7.526) |
| T1 | 3 | 7.000 | 0.000 | (6.141; 7.859) |

Comparaciones en parejas de Tukey

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

| Chocolate | N | Media | Agrupación |
|-----------|---|-------|------------|
| T1 | 3 | 7.000 | A |
| T3 | 3 | 6.667 | A |
| CR | 3 | 6.667 | A |
| T2 | 3 | 6.000 | A |

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

ANOVA unidireccional: Astringencia 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 | CR; T1; T2; T3 |

Medias

| Chocolate | N | Media | Desv.Est. | IC de 95% |
|-----------|---|-------|-----------|----------------|
| CR | 3 | 6.667 | 0.577 | (5.807; 7.526) |
| T1 | 3 | 6.000 | 1.000 | (5.141; 6.859) |
| T2 | 3 | 6.000 | 0.000 | (5.141; 6.859) |
| T3 | 3 | 6.667 | 0.577 | (5.807; 7.526) |

Desv.Est. agrupada = 0.645497

Comparaciones en parejas de Tukey

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

| Chocolate | N | Media | Agrupación |
|-----------|---|-------|------------|
| T3 | 3 | 6.667 | A |
| CR | 3 | 6.667 | A |
| T2 | 3 | 6.000 | A |
| T1 | 3 | 6.000 | A |

ANOVA unidireccional: Defectos 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 | CR; T1; T2; T3 |

Medias

| Chocolate | N | Media | Desv.Est. | IC de 95% |
|-----------|---|--------|-----------|------------------|
| CR | 3 | 18.67 | 2.31 | (16.95; 20.39) |
| T1 | 3 | 17.333 | 1.155 | (15.615; 19.052) |
| T2 | 3 | 16.00 | 0.00 | (14.28; 17.72) |
| T3 | 3 | 20.00 | 0.00 | (18.28; 21.72) |

Desv.Est. agrupada = 1.29099

Comparaciones en parejas de Tukey

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

| Chocolate | N | Media | Agrupación |
|-----------|---|--------|------------|
| T3 | 3 | 20.00 | A |
| CR | 3 | 18.67 | A B |
| T1 | 3 | 17.333 | A B |
| T2 | 3 | 16.00 | B |

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

ANOVA unidireccional: Sabor 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 CR; T1; T2; T3

Medias

| Chocolate | N | Media | Desv.Est. | IC de 95% |
|-----------|---|--------|-----------|------------------|
| CR | 3 | 14.667 | 1.155 | (13.580; 15.754) |
| T1 | 3 | 14.00 | 0.00 | (12.91; 15.09) |
| T2 | 3 | 15.333 | 1.155 | (14.246; 16.420) |
| T3 | 3 | 16.00 | 0.00 | (14.91; 17.09) |

Desv.Est. agrupada = 0.816497

Comparaciones en parejas de Tukey

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

| Chocolate | N | Media | Agrupación |
|-----------|---|--------|------------|
| T3 | 3 | 16.00 | A |
| T2 | 3 | 15.333 | A |
| CR | 3 | 14.667 | A |
| T1 | 3 | 14.00 | A |

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

ANOVA unidireccional: Post gusto 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 CR; T1; T2; T3

Medias

| Chocolate | N | Media | Desv.Est. | IC de 95% |
|-----------|---|-------|-----------|----------------|
| CR | 3 | 6.667 | 0.577 | (5.898; 7.435) |
| T1 | 3 | 6.333 | 0.577 | (5.565; 7.102) |
| T2 | 3 | 6.667 | 0.577 | (5.898; 7.435) |
| T3 | 3 | 6.667 | 0.577 | (5.898; 7.435) |

Desv.Est. agrupada = 0.577350

Comparaciones en parejas de Tukey

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

| Chocolate | N | Media | Agrupación |
|-----------|---|-------|------------|
| T3 | 3 | 6.667 | A |
| T2 | 3 | 6.667 | A |
| CR | 3 | 6.667 | A |
| T1 | 3 | 6.333 | A |

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 5. Instrumento de evaluación de la sostenibilidad en el proceso de fermentación del cacao con el uso del cultivo iniciador.

Encuesta sobre indicadores de sostenibilidad a los trabajadores de APROCAM, encargados del proceso pos cosecha y fermentación del cacao nativo de la Región Amazonas.

El estudio busca conocer algunos indicadores de sostenibilidad de la etapa de fermentación del cacao nativo y en forma aleatoria usted ha sido seleccionado para ser entrevistado. Por lo cual le solicito de la manera atenta, su valiosa colaboración para que nos proporcione información confiable respecto a las siguientes preguntas.

Nombre del informante.....DNI.....

Nombre del encuestador.....

Fecha de la encuesta.....

I. CARACTERÍSTICAS PERSONALES DEL INFORMANTE.

1 Edad:

- | | |
|-------------------------------|-------------------------------|
| <input type="radio"/> 1 <18 | <input type="radio"/> 5 41-50 |
| <input type="radio"/> 2 18-24 | <input type="radio"/> 6 51-60 |
| <input type="radio"/> 3 25-30 | <input type="radio"/> 7 >60 |
| <input type="radio"/> 4 31-40 | |

2. Sexo

- | | |
|-----------------------------------|----------------------------------|
| <input type="radio"/> 1 masculino | <input type="radio"/> 2 femenino |
|-----------------------------------|----------------------------------|

3. Estado civil

- | | |
|-------------------------------------|------------------------------------|
| <input type="radio"/> 1 soltero | <input type="radio"/> 4 viudo |
| <input type="radio"/> 2 casado | <input type="radio"/> 5 divorciado |
| <input type="radio"/> 3 conviviente | <input type="radio"/> 6 separado |

4. Nivel de educación alcanzado

- | | |
|---|--|
| <input type="radio"/> 1 sin nivel | <input type="radio"/> 6 secundaria completa |
| <input type="radio"/> 2 inicial | <input type="radio"/> 7 superior no universitario incompleto |
| <input type="radio"/> 3 primaria incompleta | <input type="radio"/> 8 superior no universitario completo |
| <input type="radio"/> 4 primaria completa | <input type="radio"/> 9 superior universitario incompleto |
| <input type="radio"/> 5 secundaria incompleta | <input type="radio"/> 10 superior universitario completo |

I. CARACTERÍSTICAS SOCIALES, ECONÓMICAS Y AMBIENTALES DE LA COOPERATIVA APROCAM.

1 proceso de fermentación natural.

Si (100) No (10)

2. proceso de fermentación controlada.

Si (100) No (10)

3. Utilización de subproductos (líquidos y sólidos)

Si (100) No (10)

4. Tratamiento de los residuos generados en el manejo pos cosecha.

Si (100) No (10)

5. fermentadores orgánicos

Si (100) No (10)

6. frecuencia de remoción de la masa del cacao.

Cada 24h (100) Cada 48h (75)

7. Costo / Beneficio

Ratio costos beneficio (mayor a 1=50)

8. Volumen de procesamiento por campaña

Superior a 80tn (100) Entre 60 – 70 tn (50)

Entre 70 – 80 tn (75) Menor a 60 tn (10)

9. Rendimiento calidad almendra

Equivalente a 1/3 del peso fresco (100) Menor a 1/3 del peso fresco (10)

10 Porcentaje de actividades económicas adicionales al manejo pos cosecha en la cooperativa APROCAM.

Más de 80% (100) Menos de 40% (25)

De 60% a 80% (50)

11. Número de personas dependientes de la actividad de pos cosecha.

Más de 4 dependientes (5) Menos de 2 dependientes (50)

Entre 3 a 2 dependientes (30)

12 Riesgo económico por el manejo pos cosecha.

Calidad de las almendras superior a 95% (100)

Calidad de las almendras equivalente a 90 a 95% (75)

Calidad de las almendras equivalente a 80 a 90% (50)

Calidad de las almendras equivalente a 70 a 80% (25)

13 Vivienda cerca de la cooperativa APROCAM

Dentro del casco urbano (100)

Fuera del casco urbano (10)

14. Edad del trabajador.

Entre 18 – 50 años (100)

Mayores a 55 años (50)

Entre 50 – 55 años (75)

15. Instrucción formal de los trabajadores.

Grado y posgrado (100)

Primaria (10)

Secundaria (50)

16. Capacitación en fermentación de cacao

Si (100)

No (10)

17. Integración de la mujer en el manejo pos cosecha del cacao.

Mayor al 50% de trabajadores (100)

Equivalente a un 40% a 49% de trabajadores (75)

Equivalente a un 20% a 39% de trabajadores (50)

Menor a un 20% (10)

18. Ingresos diarios por el manejo pos cosecha del cacao.

Mayor igual a S/.50.00 (100)

Entre S/.40.00 a S/.50.00 (75)

Menor a S/.40.00 (50)

Anexo 6. Fotos de elaboración y análisis de chocolates oscuros



Figura 24. Cajas fermentadoras de cacao



Figura 25. Preparación y activación del cultivo iniciador



Figura 26. Colocación de las muestras de cacao



Figura 27. Medición diaria de pH Y T° de las muestras de cacao



Figura 28. Medición de la corteza para un buen fermentado



Figura 29. Secado de las muestras de cacao para la elaboración de pasta y chocolate oscuro.



Figura 30. Elaboración de pasta y chocolate oscuro de cada tratamiento.

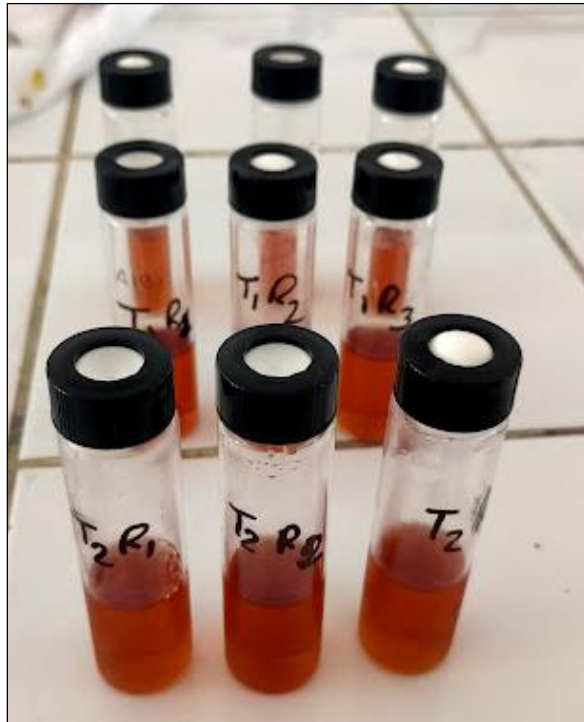


Figura 31. Extracción de extractos para los análisis fisicoquímicos

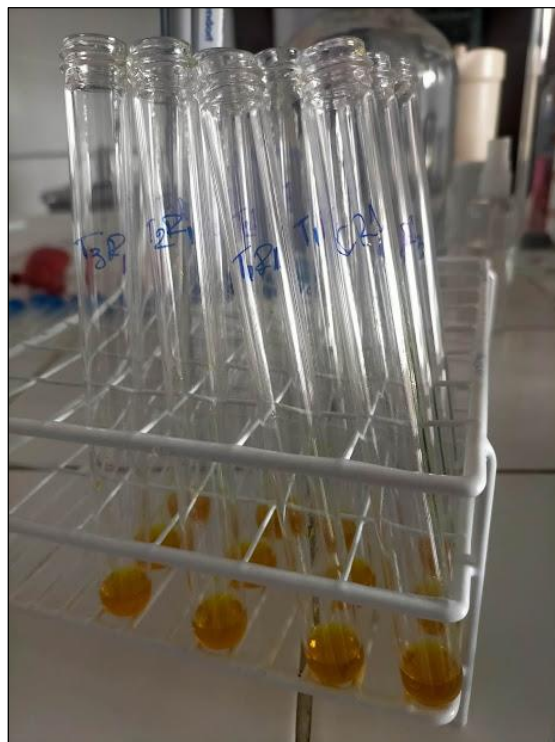


Figura 32. Preparación de las muestras para análisis reductores

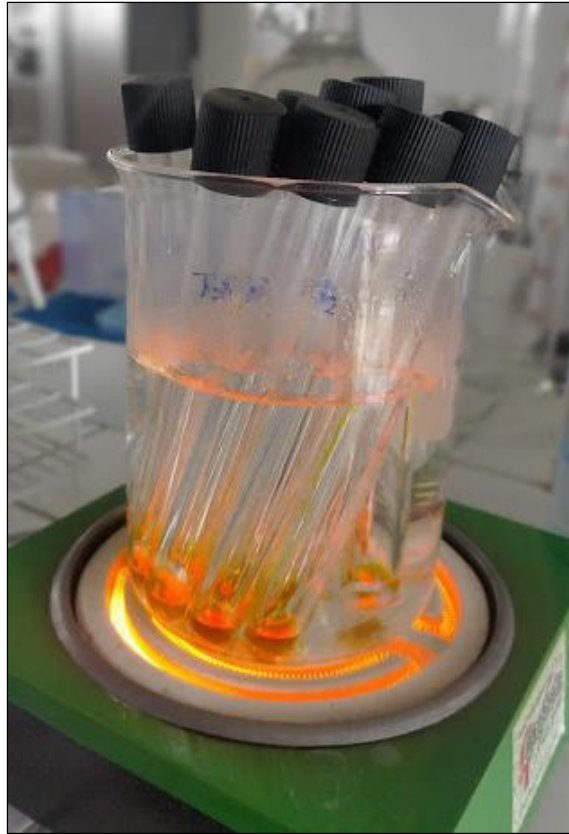


Figura 33. Análisis de muestras para azúcares reductores



Figura 34. Análisis de actividad antioxidante y componentes fenólicos.



Figura 35. Catación de análisis sensorial



Figura 36. Panelistas calificados en la catación del chocolate oscuro.