



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

TEMA:

“EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS DEL PROCESO DE TOSTADO DE CEBADA VARIEDAD INIAP-CAÑICAPA 2003 (*Hordeum vulgare*), SOBRE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN UNA BEBIDA, CONSIDERADA SUCEDÁNEO DE CAFÉ”.

TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

AUTOR: Sandoval Cachipuendo Paola Celiana

DIRECTOR: Ing. Luis Armando Manosalvas Quiroz, MSc.

Ibarra – Ecuador

2022



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

**EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS DEL PROCESO DE
TOSTADO DE CEBADA VARIEDAD INIAP-CAÑICAPA 2003
(*Hordeum vulgare*), SOBRE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN
UNA BEBIDA, CONSIDERADA SUCEDÁNEO DE CAFÉ**

Tesis revisada por los miembros del tribunal, por lo cual se autoriza su presentación
como requisito parcial para obtener el Título de:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

APROBADA

Ing. Armando Manosalvas, MSc.

DIRECTOR DE TESIS

Ing. Juan Carlos de la Vega, MSc.

OPOSITOR

Ing. Holguer Pineda, MBA.

OPOSITOR



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1004745178
APELLIDOS Y NOMBRES:	Sandoval Cachipueno Paola Celiana
DIRECCIÓN:	Ibarra- Zuleta
EMAIL:	pcsandovalc@utn.edu.ec
TELÉFONO	0969868999

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Evaluación de los parámetros del proceso de tostado de cebada variedad INIAP-CAÑICAPA 2003 (<i>Hordeum vulgare</i>), sobre la capacidad antioxidante en una bebida, considerada sucedáneo de café.
AUTOR:	Sandoval Cachipueno Paola Celiana
FECHA:	13/12/2022
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera Agroindustrial
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Luis Manosalvas, MSc

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 13 días del mes de diciembre de 2022

EL AUTOR:



Sandoval Cachipueno Paola Celiana
C.I. 1004745178

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo de titulación fue desarrollado por la Srta. Sandoval Cachipueno Paola Celina con cédula de ciudadanía N° 1004745178, bajo mi supervisión.



Ing. Luis Manosalvas, MSc
DIRECTOR DE TESIS

DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico con todo cariño a mis padres Rosa Cachipundo y Aníbal Sandoval, quienes son el pilar fundamental en mi vida, durante toda mi carrera universitaria fueron las personas que me apoyaron en cualquier circunstancia que se me presentaba. Su cariño, amor, esfuerzo y confianza estuvieron siempre presentes a pesar de las circunstancias, gracias a ellos hoy en día puedo lograr cumplir una de mis metas más anheladas.

A mis hermanos por su cariño, comprensión y apoyo incondicional a lo largo de toda mi carrera, gracias por su paciencia y confianza.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por darme salud y bienestar durante toda mi vida Universitaria, por ser mi fortaleza en todo momento, por darme sabiduría en mis momentos más difíciles.

De manera muy especial a mis padres por su paciencia y confianza, por permitirme cumplir una de mis más grandes metas, por siempre apoyarme y hacer de mí una mujer llena de principios y valores. A mi hijo Isaac quien ha sido inspiración para anhelar y cumplir mis objetivos. A mis hermanos por su amor y palabras de aliento en todo momento.

Agradezco a todos mis docentes, quienes impartieron conocimientos y me ayudaron a formarme como una profesional y una persona con criterio. A mi Director de tesis y Asesores, por el tiempo dedicado y el apoyo que cada uno me ha brindado.

De manera muy especial a todos mis compañeros de carrera, a Dianita Quintero, quien desde un inicio me ha brindado su sincera amistad y me ha ayudado en mis momentos más difíciles.

Mis sinceros agradecimientos a Edison quien durante mucho tiempo me ha brindado su apoyo absoluto, pues siempre me ha motivado a ser una mejor persona, gracias por sus palabras de aliento, sus grandes consejos y por el cariño brindado durante todo ese tiempo.

Paola Sandoval

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1. PROBLEMA	1
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	3
1.3. OBJETIVOS.....	4
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	4
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
1.4. HIPÓTESIS	4
CAPÍTULO II	5
MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. CEBADA.....	5
2.1.1. PRODUCCIÓN DE CEBADA EN IMBABURA	5
2.1.2. CEBADA VARIEDAD INIAP-CAÑICAPA 2003	7
2.1.3. TAXONOMÍA BOTÁNICA	7
2.1.4. ESTRUCTURA DEL GRANO DE CEBADA.....	8
2.1.5. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LA CEBADA.....	10
2.1.6. CALIDAD DE LA CEBADA.....	11
2.1.7. ANÁLISIS DE IMPUREZAS EN LA CEBADA	11
2.2. CAFÉ.....	12
2.3. COMPOSICIÓN FISICOQUÍMICA DEL CAFÉ	13
2.4. TIPOS DE CAFÉ	13
2.5. SUCEDÁNEO DE CAFÉ	15
2.6. SUCEDÁNEO DE CAFÉ A BASE DE CEBADA	15

2.6.1. PROCESO DE ELABORACIÓN DE SUCEDÁNEO DE CAFÉ A BASE DE CEBADA	16
2.7. IMPORTANCIA DEL TOSTADO EN LA CALIDAD DEL SUCEDÁNEO DE CAFÉ	17
2.7.1. TIEMPOS DE TOSTADO.....	18
2.7.2. TEMPERATURA DE TOSTADO.....	19
2.8 . CAMBIOS QUÍMICOS DURANTE EL TOSTADO	19
2.8.1. REACCIÓN DE MAILLARD	20
2.9. ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DEL SUCEDÁNEO DE CAFÉ A BASE DE CEBADA	22
2.9.1. FACTORES QUE INFLUYEN SOBRE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE	25
2.10. POLIFENOLES TOTALES EN SUCEDÁNEO DE CAFÉ A BASE DE CEBADA	26
2.11. ACRILAMIDA EN LA CEBADA TOSTADA	28
2.12. DETERMINACIÓN DE ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE MEDIANTE EL MÉTODO ABTS*	31
2.13. PRUEBAS SENSORIALES.....	32
2.13.1. PRUEBAS AFECTIVAS.....	32
2.13.2. PRUEBAS DISCRIMINATIVAS	32
2.13.3. PRUEBAS DESCRIPTIVAS	33
CAPÍTULO III.....	34
MATERIALES Y MÉTODOS	34
3.1. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	34
3.2. MATERIA PRIMA, INSUMOS, REACTIVOS, MATERIALES Y EQUIPOS.....	35

3.3.	MÉTODOS.....	36
3.3.1.	ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE LA MATERIA PRIMA.....	37
3.3.2.	FACTORES EN ESTUDIO.....	37
3.3.3.	TRATAMIENTOS.....	38
3.3.4.	DISEÑO EXPERIMENTAL	39
3.3.5.	CARACTERÍSTICA DEL EXPERIMENTO	39
3.3.6.	ESQUEMA DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	39
3.4.	VARIABLES Y MÉTODOS DE EVALUACIÓN.....	39
3.4.1.	VARIABLES CUANTITATIVAS	39
3.1.2.	VARIABLES CUALITATIVAS.....	45
3.1.2.1.	Análisis de aceptabilidad sensorial.....	45
3.2.	MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO	45
3.2.1.	RECEPCIÓN DE LA MATERIA PRIMA	45
3.2.2.	SELECCIÓN.....	46
3.2.3.	PESAJE.....	47
3.2.4.	TOSTADO	47
3.2.5.	MOLIDO.....	48
3.2.6.	EMPACADO	48
3.2.7.	DIAGRAMA DE PROCESO DE SUCEDÁNEO DE CAFÉ	49
CAPÍTULO IV.....		50
RESULTADOS Y DISCUSIONES		50
4.1.	CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LA CEBADA (<i>HORDEUM VULGARE</i>) VARIEDAD INIAP-CAÑICAPA 2003.	50

4.2. RESULTADO DEL EFECTO DE LOS FACTORES EN ESTUDIO EN EL PROCESO DE TOSTADO DE CEBADA.	53
4.2.1. HUMEDAD	53
4.2.2. ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE	57
4.2.3. POLIFENOLES TOTALES	61
4.3. ANÁLISIS DE ACEPTACIÓN SENSORIAL	66
4.3.1. COLOR	67
4.3.2. OLOR Y AROMA	67
4.3.3. SABOR	68
4.3.4. ACEPTACIÓN FINAL.....	68
CAPÍTULO V	70
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	70
5.1. CONCLUSIONES.....	70
5.2. RECOMENDACIONES	71
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	72
ANEXOS	76

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Producción anual de cebada en los últimos años en la provincia Imbabura	6
Tabla 2. Clasificación Botánica de la Cebada.....	7
Tabla 3. Componentes bioquímicos de la cebada.	10
Tabla 4. Actividad antioxidante en variedades de cebada.	23
Tabla 5. Actividad antioxidante de muestras analizadas utilizando ensayos ABTS	24
Tabla 6. Contenido fenólico total (TPC) y actividad AO de cafés y sustitutos del café determinados mediante polarografía DC (HPMC), Ensayos DPPH, FRAP y ABTS.	27
Tabla 7. Contenido de polifenoles (TPC) y capacidades antioxidantes por ABTS de cafés y sustitutos.	28
Tabla 8. Localización del experimento.	34
Tabla 9. Localización del experimento.	34
Tabla 10. Instrumentos, equipos y reactivos a utilizar.....	35
Tabla 11. Análisis físico-químicos y actividad antioxidante	37
Tabla 12. Factores Diseño Experimental	37
Tabla 13. Tratamientos en estudio	38
Tabla 14. ANOVA para un Diseño Completamente al Azar	39
Tabla 15. Análisis físico de Materia Prima.....	39
Tabla 16. Clasificación de la cebada.....	40
Tabla 17. Grados de calidad del grano de cebada para consumo humano.....	41
Tabla 18. Requisitos físicos y químicos del grano de cebada para consumo alimentario	41
Tabla 19. Características físico químicas de la cebada	50

Tabla 20. Contenido de Impurezas en Cebada variedad INIAP- Cañicapa 2003 .	51
Tabla 21. Análisis de Varianza de Humedad	53
Tabla 22. Prueba Tukey en % de Humedad de Cebada Tostada y Molida	54
Tabla 23. Prueba DMS al Factor A (Tiempo).....	55
Tabla 24. Prueba DMS al Factor B (Temperatura)	55
Tabla 25. Análisis De Varianza de Actividad Antioxidante	57
Tabla 26. Prueba Tukey en Contenido de Actividad Antioxidante.	58
Tabla 27. Prueba DMS al Factor A (Tiempo).....	58
Tabla 28. Prueba DMS al Factor B (Temperatura)	58
Tabla 29. Análisis de Varianza de Polifenoles Totales.....	61
Tabla 30. Prueba Tukey en Polifenoles Totales.....	62
Tabla 31. Prueba DMS al Factor A (Tiempo).....	62
Tabla 32. Prueba DMS al Factor B (Temperatura)	63
Tabla 33. Análisis comparativo de resultados con documentos científicos.....	65
Tabla 34. Prueba de Friedman para Variables de Aceptabilidad Sensorial	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cantidades de producción de cebada por país (1994-2016).....	5
Figura 2. Participación en la producción por provincia (toneladas métricas) (2017)	6
Figura 3. Cultivo de Cebada Comuna Zuleta.....	7
Figura 4. Estructura del grano de cebada.....	9
Figura 5. Café Cultivado en Intag.....	13
Figura 6. Sucedáneo de café a base de cebada.....	16
Figura 7. Color de los sucedáneos del café a base de variedades de cebada tostada y descascarillada con diferentes índices de tueste.	18
Figura 8. Contenido de actividad antioxidante en la malta.....	24
Figura 9. Efecto de la temperatura sobre el contenido de acrilamida en la cebada.	30
Figura 10. Recepción de la Materia Prima.....	46
Figura 11 y Figura 12. Selección y Clasificación de la Materia Prima.....	46
Figura 13. Pesado de la materia prima.....	47
Figura 14 y Figura 15. Tostado de cebada.....	47
Figura 16. Molido de tostado de cebada para sucedáneo de café.....	48
Figura 17. Empacado de la cebada tostada y molida en bolsas desgasificadoras	48
Figura 18. Comparación de la Cebada Tostada y Molida y el límite máximo permitido (%).....	56
Figura 19. Comparación de la Actividad Antioxidante de la Materia Prima con Cebada Tostada y Molida.	59
Figura 20. Comparación del contenido de Polifenoles Totales de la Materia Prima con el resultado final de la Cebada Tostada y Molida.....	63
Figura 21. Puntuaciones del análisis sensorial de sucedáneo de café.....	67

Figura 22 Análisis sensorial de sucedáneo de café a base de cebada	69
--	----

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Determinación de humedad.....	42
Ecuación 2 . Determinación de absorbancia neta.....	43
Ecuación 3. Capacidad antioxidante	43
Ecuación 4. Determinación de Polifenoles Totales.....	44

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Influencia de los Factores de Estudio en el Contenido de Actividad Antioxidante.....	77
Anexo 2. Influencia de los Factores de Estudio en el Contenido de Polifenoles Totales.....	77
Anexo 3. NTE INEN 1114. Determinación de Humedad por Calentamiento en Café Soluble.....	78
Anexo 4. NTE INEN 2356. Clasificación de Granos y Cereales Cebada.....	79
Anexo 5. NTE INEN 1 235. Determinación de Humedad en granos y Cereales.	81
Anexo 6. Evaluación sensorial.....	82

RESUMEN

Durante muchas décadas, el café ha sido considerado como uno de los productos de mayor consumo. Sin embargo, esta bebida al contener cafeína, muchas de las personas se abstienen de su consumo, pues muchos de ellos presentan problemas de salud debido a este componente. Es por ello que en la actualidad existen los sucedáneos de café, que pretenden sustituir al café convencional, estos pueden ser elaborados por diferentes frutos como cereales, frutas o raíces. El sucedáneo de café a base de cebada busca ser un producto libre cafeína, con propiedades antioxidantes las cuales puedan llegar a ser benéficas para la salud.

El objetivo principal de la presente investigación es evaluar variables de tiempo (24 y 29 minutos) y temperatura (190°C y 210°C) empleadas en el proceso de tostados y cómo estas influyen sobre la capacidad antioxidante y polifenoles de la cebada tostada y molida; además también un análisis sensorial por parte de ciertos consumidores para poder medir el nivel de aceptabilidad de este producto.

Mediante esta investigación se pudo definir que el tratamiento que mayor actividad antioxidante tuvo, fue el T4 (tiempo de 29 min y temperatura de 210°C), esto debido a que según varios autores al aumentar el tiempo y temperatura durante el proceso de tostado ocurre la reacción de Maillard y una serie de cambios químicos los cuales dan como resultado compuestos con propiedades antioxidantes como las melanoidinas, que son las responsable de dar color y también ciertos aromas característicos al sucedáneo de café a base de cebada; de igual manera en el análisis sensorial el mejor tratamiento resulto ser el T4, pues según varias personas del panel de degustación este tratamiento se asimila a ciertas características del café convencional.

De esta manera se concluye que el tiempo y la temperatura de tostado, influyen en el contenido de actividad antioxidante y sobre las propiedades sensoriales del sucedáneo de café estudiado.

Palabra clave: Sucédáneo de café, cereal, cebada, tostado cebada.

ABSTRACT

Coffee has been regarded as one of the most popular products for many years. However, because this beverage contains caffeine, many people choose not to consume it because they frequently experience health issues as a result of this ingredient. Because of this, there are now alternatives to traditional coffee that can be made from a variety of fruits, including cereals, fruits, and roots. The coffee substitute made from barley aims to be a caffeine-free product with antioxidants that may be good for your health.

The main objective of this research is to evaluate variables of time (24 and 29 minutes) and temperature (190°C and 210°C) used in the roasting process and how these influence the antioxidant capacity and polyphenols of roasted barley and ground; in addition, also a sensory analysis by certain consumers to be able to measure the level of acceptability of this product.

According to several authors, when the time and temperature increase during the roasting process, the Maillard reaction and a series of chemical changes result in compounds with antioxidant properties such as melanoidins, which are responsible for giving the barley-based coffee substitute its color and some distinctive aromas, it was possible to define that the treatment with the greatest antioxidant activity was T4 (time of 29 min and temperature of 210°C). According to several members of the tasting panel, the treatment that performed best in the sensory analysis was T4, as it is similar to some aspects of regular coffee.

In conclusion, the sensory qualities and antioxidant activity content of the barley-based coffee substitute are influenced by the roasting time and temperature.

Keywords: Substitute coffee, cereal, barley, roasted barley.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PROBLEMA

En América Latina a partir de la década de los ochenta, el desarrollo agrícola y rural, ha recobrado importancia; consumidores desinformados, una migración campo-ciudad creciente causada por la pobreza rural; falta de acceso a recursos productivos; conflictos y crisis climáticas han repercutido directamente en la alimentación y la agricultura; además se puede decir que, en el sector rural se encuentra la mano de obra agrícola, sin embargo, estos sectores han sido los menos atendidos, generando así una pobreza rural, en este sentido, la contribución de la ruralidad a la agricultura y a la seguridad alimentaria implica un análisis más profundo sobre la generación de oportunidades de desarrollo del campo para garantizar el derecho a la alimentación (FAO, 2019). El generar propuestas innovadoras podría contribuir en el mejoramiento de esta situación, mejorar el sistema productivo y el desarrollo de oportunidades laborales en el sector rural (Zimmermann, 2019). Según Barrera (2012) “La región andina de Ecuador se caracteriza por la pobreza causada por la baja productividad agrícola, las limitadas oportunidades no agrícolas y la falta de acceso a mercados”.

De igual forma en la actualidad la pandemia de COVID-19 se muestra como una crisis mundial la cual está afectando al sector agrícola y alimentario. Según (Siche, 2020) “ La situación empeora a medida que la enfermedad progresa, haciendo que las restricciones de movimiento sean cada vez más rigurosas, causando escasez de mano de obra para producción y cosecha, además de causar dificultades para que los agricultores lleven sus productos al mercado”.

A pesar de las limitaciones técnicas, logísticas, topográficas y otros factores, según la FAO (2020), en su base de datos FAOSTAT, en el año 2020 el Ecuador produjo cerca de 14 107 toneladas de cebada. Mientras que según el GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO PARROQUIAL RURAL DE ANGOCHAGUA (GADPRA, 2015), de acuerdo a su Plan de Desarrollo y

Ordenamiento Territorial (PDOT) menciona que: “En el Cantón Ibarra, Parroquia Angochagua, el 71% de sus habitantes se dedica a la agricultura, teniendo como principal cultivo la cebada seguida del trigo, maíz, papas, habas y legumbres”.

Los agricultores de dichos cultivos no siempre cuentan con un mercado para poder vender sus productos, sin embargo, lo poco que lo hacen se comercializan de manera directa a intermediarios, los cuales no proporcionan precios justos hacia los productores, haciendo que la actividad agrícola tome desinterés por parte de la población, provocando que se reduzca la producción de estos productos andinos.

El café es una de las bebidas más consumidas a nivel mundial, según varios estudios han demostrado que beber café es útil para prevenir muchas enfermedades, como la diabetes, trastornos neurológicos, ya que poseen actividades antibacterianas y antioxidantes (Tarawneh et al., 2021). Por otra parte, se descubrió que beber demasiado café puede provocar intoxicación y adicción a la cafeína, lo que a su vez provoca síntomas relacionados con el sistema nervioso, como inquietud, nerviosismo, dificultad para dormir, agitación, espasmos musculares, aumento del ritmo cardíaco y malestar estomacal, por consiguiente, consumo excesivo de esta bebida y productos que contienen cafeína puede aumentar la probabilidad de efectos adversos (Tarawneh et al., 2021).

El sucedáneo de café a base de cebada es una bebida orgánica que podría llegar a sustituir el consumo de café convencional, brindando una alternativa para personas que por una u otra razón se abstienen del consumo de esta bebida, optando por un café elaborado a base de un cereal andino del Ecuador; buscando así poder brindar un valor agregado y promover la economía de este lugar.

1.2. JUSTIFICACIÓN

Los estudios a realizarse a partir del año 2020 relacionados con la producción y comercialización de alimentos, deberán estar enfocados a fortalecer la soberanía alimentaria en zonas rurales del país, debido que allí se producen la mayor parte de alimentos de primera necesidad; teniendo en cuenta la agrobiodiversidad y generando alternativas de alimentos procesados, mediante la innovación de los mismos, para así estar preparados y asistir en caso de desastres naturales o enfermedades como la pandemia de COVID-19.

Para mitigar los efectos de la pandemia en la alimentación y la agricultura, la FAO insta a los países a satisfacer las necesidades alimentarias inmediatas de sus poblaciones vulnerables, impulsar sus programas de protección social, continuar con el comercio mundial de alimentos, mantener la cadena de suministro nacional y contribuir a desarrollar la capacidad de los pequeños agricultores para aumentar la producción alimentaria (FAO, 2020).

Por ello es preciso adoptar medidas inmediatas para garantizar la continuidad de las cadenas de suministro de alimentos a nivel nacional e internacional a fin de mitigar el riesgo de perturbaciones importantes que tendrían consecuencias considerables para todos, en especial para la población más pobre y vulnerable (FAO, 2020).

Es importante señalar que el presente trabajo nace como consecuencia de la poca diversificación de formas de preparar alimentos a base de cebada en la Parroquia Angochagua, lo que hace que en la actualidad los jóvenes no valoren estos productos a los cuales se les podría dar un valor agregado mediante la innovación de los mismos, conservando así parte de la cultura y tradición en el consumo de estos granos andinos. En efecto este estudio proveerá de información relevante que contribuirá al desarrollo alimenticio y económico con la creación de una bebida artesanal a base de cebada aromatizado con plantas de la zona, contribuyendo a la sostenibilidad dentro del territorio, para rescatar el conocimiento y técnicas tradicionales. Por tanto, el café de cebada nace como una alternativa para el consumo de productos naturales ayudando así al sector agrícola de la zona y brindando una alternativa para aquellas personas que por su salud se han abstenido del consumo de café.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar parámetros del proceso de tostado de cebada sobre capacidad antioxidante del sucedáneo de café.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Determinar las propiedades físico-químicas y actividad antioxidante de la cebada variedad INIAP-CAÑICAPA 2003.
- b) Evaluar el efecto del tiempo y temperatura de tostado sobre la actividad antioxidante y fenoles totales de la cebada tostada y molida.
- c) Evaluar el efecto del proceso de tostado sobre la aceptabilidad sensorial del sucedáneo de café.

1.4. HIPÓTESIS

Hi: El tiempo y la temperatura del proceso de tostado de cebada, influyen sobre la capacidad antioxidante del sucedáneo de café.

Ho: El tiempo y la temperatura del proceso de tostado de cebada, no influyen sobre la capacidad antioxidante del sucedáneo de café.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. CEBADA

La cebada *Hordeum vulgare L* es uno de los cultivos más importantes a nivel mundial. Según la FAO (2022) menciona que, en el año 2022 se llegó a producir cerca de 147,90 millones de toneladas a nivel mundial. Muchos países producen este cereal en grandes toneladas Figura1. En la región andina del Ecuador este cultivo es uno de los más trascendentales; su producción es destinada en su mayoría al autoconsumo en las comunidades rurales en forma de sopas, coladas, harina y a nivel industrial en la elaboración de malta para bebidas alcohólicas (Espinosa, 2018). Los excedentes son comercializados para obtener ingresos económicos. Razón fundamental por lo que la cebada se constituye un cultivo muy importante en los sistemas de producción comunitarios de la sierra ecuatoriana (INIAP, 2014).

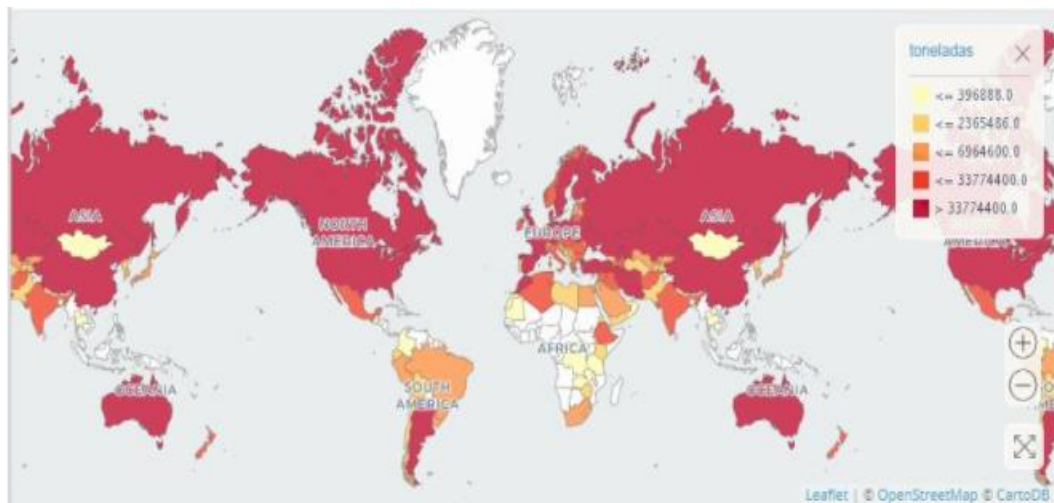


Figura 1. Cantidades de producción de cebada por país (1994-2016)

Fuente: (Espinosa, 2018)

2.1.1. PRODUCCIÓN DE CEBADA EN IMBABURA

Es importante mencionar que, a nivel nacional, la provincia de Imbabura registra la mayor participación en cuanto a la producción de cebada con 3 400 toneladas métricas de producción anual, de un total de 13513 toneladas métricas producidas

a nivel nacional, seguida de la provincia de Chimborazo, con 3200 toneladas (Espinosa, 2018). Figura 2.

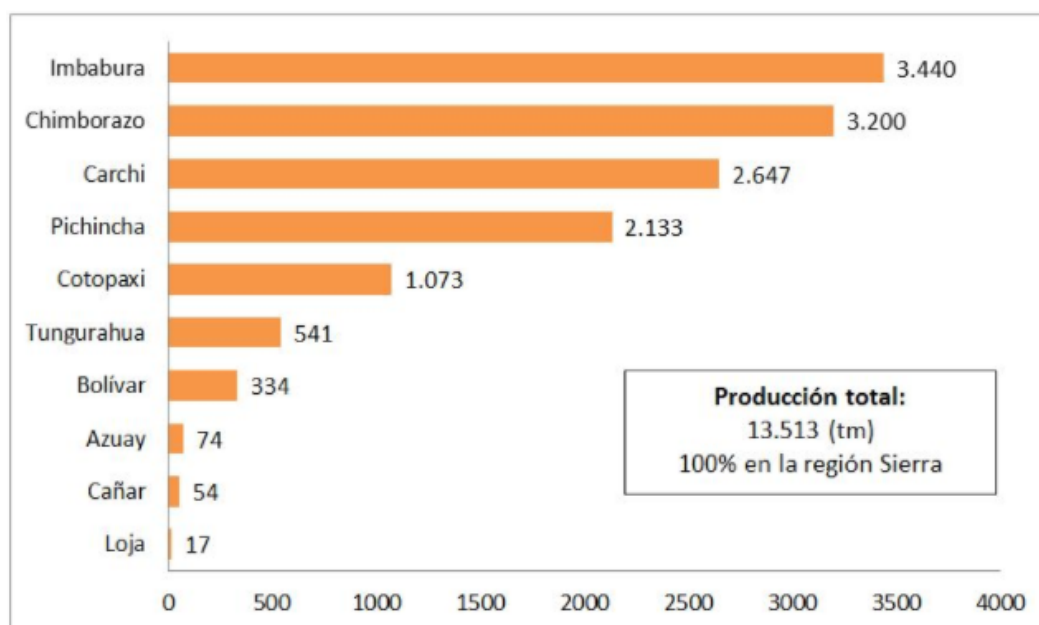


Figura 2. Participación en la producción por provincia (toneladas métricas) (2017)

Fuente: (Espinosa, 2018)

En esta provincia se han establecido dos variedades del cultivo de cebada como es el caso de la variedad forrajera Cañicapa con el 56% de superficie sembrada y la variedad Maltera con el 44%, detallada en la siguiente Tabla 1, estos datos se toman del volumen total de las hectáreas sembradas (MAG, 2019).

Tabla 1. Producción anual de cebada en los últimos años en la provincia Imbabura

Año	Superficie cosechada (ha)	Producción (ton)
2015	815	1113
2016	1735	2725
2017	1978	3440
2018	905	1608
2019	368	469

Fuente: (MAG, 2019)

Según el MAG (2018) en la Parroquia Angochagua, cantón Ibarra la superficie plantada de cebada en el año 2018 fue de 231 hectáreas; cabe recalcar que en estos datos no se especifica la variedad producida dentro de este territorio. Sin embargo, en la Comuna Zuleta durante muchos años atrás se ha venido cultivando la variedad Cañicapa 2003; esto debido a que la Hacienda Zuleta ha proporcionado semilla certificada a los agricultores, pues esta variedad de cebada ha demostrado adaptarse al tipo de suelo y clima que existe en esa zona, como se muestra en la siguiente Figura 3.



Figura 3. Cultivo de Cebada Comuna Zuleta

Fuente: **Autor**

2.1.2. CEBADA VARIEDAD INIAP-CAÑICAPA 2003

La cebada variedad Cañicapa 2003 ha sido recomendada para cultivarla en zonas con altitudes de 2400 a 3200 msnm, su rendimiento a nivel experimental es de 6-7 ton/ha; a nivel de agricultor es de 3-5 ton/ha. Esta variedad es proveniente de la variedad INIAP Shyri 89 con la línea GAL/P/PI6384//ESCII-II-72-607-1E-1E1E-5E, la altura de la planta puede llegar a medir de 110 a 130 cm, con un número de hileras de 2, puede llegar a tener 30 granos por espiga de color amarillo claro, la forma del grano es oblongo, además tiene un ciclo vegetativo de 170 a 180 días su siembra requiere de profundidades no mayores a los 5cm (Suárez & Cortéz, 2010).

2.1.3. TAXONOMÍA BOTÁNICA

Según Pérez (2010), la clasificación botánica se establece de la siguiente manera, como se detalla en la siguiente Tabla 2:

Tabla 2. Clasificación Botánica de la Cebada.

Taxonomía	Nombre
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Liliopsida
Orden:	Poales
Familia:	Poaceae
Genero:	Hordeum
Especie:	Vulgare L.

Fuente: (Pérez, 2010)

2.1.4. ESTRUCTURA DEL GRANO DE CEBADA

El tamaño del grano es un rasgo descriptivo importante, el cual está determinado por los efectos ambientales, que pueden llegar a afectar los componentes bioquímicos dentro del mismo. Durante el último siglo, los mejoradores de cebada han continuado enfocándose en cultivar granos más grandes, además buscan mejores atributos de rendimiento y calidad del grano (Guoping & Chengdao, 2014). Quinteros & Silva (2017) afirma que: “El grano puede variar de tamaño según el ambiente en que se lo cultive, variando de una longitud de 6,00 mm a 9,50 mm y de ancho entre 1,50 y 4,00 mm”.

Los estándares de la industria para granos grandes se basan en la cantidad de granos >2,5 mm que tenga una muestra, los granos más pequeños por lo general tienen niveles más bajos de almidón y más altos de proteína, sucede todo lo contrario con los granos más grandes (Guoping & Chengdao, 2014). Sin embargo, un grano excesivamente grande podría impactar en la calidad de la malta, particularmente en la tasa de hidratación y modificación del agua durante el malteado (Guoping & Chengdao, 2014). En la siguiente Figura 4 se puede observar las partes del grano de cebada.

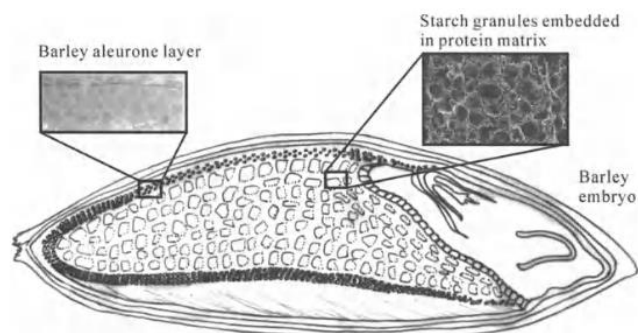


Figura 4. Estructura del grano de cebada

Fuente: (Guoping & Chengdao, 2014)

2.1.4.1. Embrión

El embrión es la parte fértil de la semilla de cebada, que también contiene almidón, proteínas y lípidos. Estos se utilizan durante el desarrollo del embrión después de fertilización. El nivel de latencia y la viabilidad del embrión son fundamentales para la próxima generación de semillas (Guoping & Chengdao, 2014).

2.1.4.2. Aleurona

El espesor de la capa de aleurona de la cebada varía alrededor del grano, esta capa tiene un grosor de dos a tres células y recubre el endospermo, las células de aleurona son tejido vivo y contienen proteínas, almidón y lípidos, mientras que las paredes celulares de la aleurona contienen B-glucano, arabinosilano y ácidos fenólicos, no obstante la proporción de β -glucano a arabinosilano es de 25:75, que es lo contrario para las paredes celulares del endospermo (Guoping & Chengdao, 2014).

2.1.4.3. Cascarilla

La cebada es una de las cuatro únicas especies comerciales que retiene una cáscara después de la cosecha, éstas representan aproximadamente el 13% del peso del grano, pero puede oscilar entre el 7% y el 25% según el cultivo, el entorno de crecimiento y el tamaño del grano; comúnmente las cebadas de invierno tienen mayor contenido de cascarilla que las cebadas de primavera y el contenido de cascarilla aumenta en las regiones más cercanas al Ecuador (Guoping & Chengdao, 2014). En la industria maltera, la cáscara ayuda durante el proceso de malteado

protegiendo el germen de la abrasión física durante el manejo y evitando que el acrospire en crecimiento se dañe durante la germinación y el horneado.

2.1.5. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LA CEBADA

Según Ramirez (2010), manifiesta que la cebada es el cereal mejor dotado de fibra (17%) sobre todo en materia de fibra soluble, dicha fibra hace que se retarde la absorción de glucosa y reduce la absorción de colesterol. Además de que la cebada contiene otras sustancias benéficas como son los lignanos, antioxidantes y protectores del cáncer, a continuación, se detallan los componentes que esta posee, en la siguiente Tabla 3.

Tabla 3. Componentes bioquímicos de la cebada.

Componentes	Contenido en 100g Cebada
Calorías	354kcal
Grasas monions	0,3g
Proteínas	12,5g
Grasas poliinsaturadas	1,1g
Colesterol	0,0mg
Calcio	33mg
Grasas saturadas	0,5g
Magnesio	133mg
Fosforo	254mg
Vitamina E	0,6mg
Potasio	452mg

Sodio	12mg
-------	------

Vitamina A	22IU
------------	------

Fuente: (Ramirez, 2010)

2.1.6. CALIDAD DE LA CEBADA

La calidad de la materia prima es una de las variables que se debe analizar antes de realizar cualquier proceso de elaboración de un producto, pues de esta depende la calidad final del mismo. Según Serna (2016), menciona que, se consideran granos dañados aquellos que tienen un evidente daño visual y afectan negativamente el valor agregado final; la determinación de granos dañados se realiza después de la remoción de material extraño y finos que pudiera existir.

Los principales tipos impurezas en cereales se deben a la presencia de insectos, estos se identifican fácilmente por perforaciones o material similar a una telaraña, dichos granos podrían perder más de la mitad de su peso, por otra parte cuando el daño se genera por calor es considerado como una de las categorías más importantes, porque generalmente se produce por un almacenamiento defectuoso, la mayoría de los granos dañados por el calor se generan cuando los granos se almacenan a alta humedad y por lo tanto tienen altas tasas de respiración (Serna, 2016). A altas temperatura se produce la generación de azúcares solubles debido a la activación de enzimas intrínsecas produciendo reacciones de Maillard y colores apagados, en algunos casos la pérdida de viabilidad de la semilla (Serna, 2016).

2.1.7. ANÁLISIS DE IMPUREZAS EN LA CEBADA

La cebada puede contener semillas dañadas, arrugadas o vacías; las impurezas incluyen terrones de tierra, guijarros, partes de tallos, aristas, películas, partes de hojas, semillas de plantas silvestres (Tishaninov et al., 2021). Además una mezcla de malas hierbas de origen orgánico, es un ambiente propicio para la reproducción de microorganismos nocivos, lo que conduce al deterioro prematuro de grano durante el almacenamiento (Tishaninov et al., 2021).

La separación de partículas de impurezas de la materia prima, está basada en la diferencia en sus características físicas y mecánicas. Este principio es la base para el funcionamiento de varias máquinas de limpieza de granos, separando los

componentes según las características de sus tamaños, formas, propiedades superficiales, densidad, entre otros (Tishaninov et al., 2021).

Según Belokurova et al., (2020) en un estudio busca evaluar la calidad de la cebada para uso en la industria cervecera, establece que, de acuerdo a la documentación reglamentaria y técnica de la Federación Rusa en cebada destinada a fines alimentarios, las impurezas se dividen en dos grupos: maleza y grano. La impureza de malezas incluye aquellos componentes de la masa de grano que agravan considerablemente las características de consumo del mismo, reduciendo su vida útil, en este estudio la determinación de contaminación de la muestra promedio de cebada cervecera se realizó manualmente, la muestra de grano (100 g).

Las impurezas de grano de la cebada cervecera incluyen granos enteros y dañados de otras plantas: trigo, espelta, centeno y avena. Al tamizar la muestra de prueba de grano, se obtuvo una variación de tamaño. Al mismo tiempo, el análisis granulométrico les permitió determinar la variabilidad del grano por espesor y ancho. En dicho estudio se concluye que, la muestra con mayor contenido de impurezas fue la muestra de cebada pelada y sin clasificar, ya que de acuerdo con los requisitos de la documentación técnica y reglamentaria no debe ser superior al 2,0% (Belokurova et al., 2020).

2.2. CAFÉ

En el Ecuador el cultivo del café, tiene una importante relevancia a nivel económico, social y ambiental, pues ser un país privilegiado en clima, altura y posición geográfica produce un café de excelente calidad, considerado como un producto de exportación; entre sus principales variedades exportables están el café arábigo y el café robusta, ambos son cultivados en las cuatro regiones del país según información del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca – MAGAP, en el año 2019 se produjo cerca de 60 mil hectáreas (Sánchez et al., 2019).

En la actualidad, el café arábigo se cultiva en las zonas del sistema montañoso, es decir varios sectores de la provincia de Guayaquil y Manabí. Además, se cultiva y produce muy bien en las estribaciones occidentales y orientales de la cordillera de los Andes, donde se destacan las zonas de Intag, en Imbabura según Figura 5, entre

otros sectores de la provincia de Pichincha y Chimborazo (Villacis & Aguilar, 2016).



Figura 5. Café Cultivado en Intag.

Fuente: (AACRI- RIO INTAG, 2020)

2.3. COMPOSICIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL CAFÉ

Según Ferminia Marroig (2019), el café convencional tostado está compuesto principalmente por carbohidratos (38-42% base seca), melanoidinas (23%), lípidos (11-17%), proteínas (10%), minerales (4,50- 4,70%), ácido clorogénico (2,70-3,10%), ácidos alifáticos (2,40-2,50%) y cafeína (1,30-2,40%).

La dosis de cafeína por taza de café de 150ml es de 85mg, sus efectos dependen de muchos factores como la dosis, la respuesta de cada individuo que la digiere y su peso. Sin embargo, una ingesta diaria de 500-600mg/día (6-7 tazas) son suficientes para presentar un riesgo para la salud como insomnio, ansiedad, temblor muscular, desordenes cardiovasculares (Ferminia Marroig, 2019).

Sin embargo, el consumo de cafeína no está recomendado para niños, mujeres embarazadas o en estado de lactancia. En este contexto, en el mercado existe una variedad de productos libres de cafeína y con buenas características nutricionales que se presentan como sustitutos del café convencional. (Ferminia Marroig, 2019).

2.4. TIPOS DE CAFÉ

Según Homatic vending (2017), menciona que existen los siguientes tipos de café:

- a) **Café tostado natural:** Es aquel café que se obtiene de los granos de café por el sistema de tueste de forma directa, sin ningún tipo de aditivo. Sometiendo los granos a una temperatura sobre los 200° C.
- b) **Café tostado torrefacto:** Se trata de un café al que, durante el proceso de tueste, se le añade azúcar (un máximo del 15%) en el momento del tueste. A la temperatura a la que se encuentra en bombo de tueste, el azúcar se carameliza y forma una película quemada que envuelve al grano. El café torrefacto tiene un sabor más fuerte. Su consumo es casi exclusivo de España y Portugal.
- c) **Café descafeinado:** Se considera un café verde al que se le ha eliminado la mayor parte de un alcaloide, conocido como la cafeína, el componente activo del café. El descafeinado se realiza mediante un procedimiento industrial de extracción. Diversos agentes descafeinantes como el agua, disolventes orgánicos y clorados, pueden intervenir en el proceso. La primera fase consiste en un pretratamiento de vapor de agua hasta llegar a una humedad del 40%; tras esto se procede a la extracción de la cafeína con los agentes descafeinantes; para eliminar el resto de estos agentes se vuelve a realizar otra vaporización, posterior a ello, los granos se secan para comenzar con el tostado.
- d) **Café soluble:** Este café se obtiene por extracción industrial del café tostado y molido mediante deshidratación o secado del café. Este café, se prepara en un equipo de acero inoxidable cerrado herméticamente para conservar los aromas. Tras esto, se filtra y se elimina el agua mediante aire caliente. Cuando el agua se haya evaporado, el polvo que resulta es el café soluble el cual pasa a envasarse al vacío rápidamente para que se conserven todas sus propiedades.
- e) **Café soluble liofilizado:** Se trata de otro método de extracción del café para conseguir su solubilidad. En este caso se lleva a cabo mediante la congelación a -40°C y baja presión atmosférica. Después, se procede a un fuerte cambio en la temperatura y presión, elevándola bruscamente para conseguir que el hielo se transforme en vapor de agua para así deshidratar las partículas de café. Este método permite conservar, hasta el momento de su consumo, el aroma propio de los granos de café.

2.5. SUCEDÁNEO DE CAFÉ

Los sucedáneos de café son productos no derivados de este, normalmente sin cafeína, que se usan para imitar el café, estos sucedáneos pueden usarse por razones médicas, económicas o religiosas, o simplemente porque el café no está disponible; comúnmente se elaboran de granos y raíces tostadas, así como salvado de trigo, soja y otras fuentes vegetales y cereales (García , Caballero, & Maldonado , 2016).

Según Villareal (2013), menciona que existen varios tipos de sucedáneo de café dependiendo de la materia prima:

- a) **Café Inka:** Es un café obtenido mediante la evaporación del extracto acuoso de la remolacha dulce (*Chicorium endivia*), centeno (*Secale cereale*) y cebada (*Hordeum vulgare*), este café es muy conocido en Polonia.
- b) **Café achicoria (*Cichorium intybus*):** Este café contiene como ingrediente adicional la raíz tostada de achicoria. A pesar de que ésta no posee cafeína aporta un sabor amargo, así como un color oscuro resultante de la caramelización producida durante el tostado, este café es muy común en Francia.
- c) **Café combinado:** En Rusia, se elabora un sucedáneo del café combinando extracto de achicoria y jugo de manzana en proporción 1:1. La bebida es marrón oscuro y de gusto dulce-amargo, con agradable sabor a manzana.
- d) **Sucedáneos de haba (*Vicia faba*):** En Ecuador, se elabora sucedáneos del café a partir de haba o de mezclas de esta leguminosa con cebada, trigo, soya, melaza, malta e incluso al mezclar lo mencionado anteriormente con café descafeinado.

2.6. SUCEDÁNEO DE CAFÉ A BASE DE CEBADA

El sucedáneo de café a base de cebada tostada se desarrolla para poder reducir los riesgos potenciales del café a causa del alto contenido de cafeína. El proceso de tostado de los granos de cebada hace que mejore los atributos del sucedáneo en el sabor, olor, apariencia y textura, debido a la formación de compuestos aromáticos como pirazinas, cetonas y aldehídos (Abdel-Haleem & Abdel-Aty, 2021).



Figura 6. Sucedáneo de café a base de cebada

Fuente:(Pintor, 2022)

2.6.1. PROCESO DE ELABORACIÓN DE SUCEDÁNEO DE CAFÉ A BASE DE CEBADA

El proceso de obtención de un sucedáneo del café generalmente consiste en el tostado de la materia prima. Según García, et al. (2016), esta operación unitaria es la más importante dentro de la tecnología del café, siendo la etapa en la cual se fijan y forman químicamente las sustancias o compuestos orgánicos que originan el aroma característico del grano de café; como también las causantes del olor y el sabor de la infusión acuosa o extracto de los granos tostados.

Según Villareal (2013) el proceso de elaboración de sucedáneo de café a base de cebada se establece de la siguiente manera:

- a) **Pesado:** Se realiza un pesado para verificar la cantidad de materia prima con la que se va a realizar el producto.
- b) **Limpieza y selección:** Se realiza una selección de la materia prima, eliminando impurezas que se puedan encontrar en la misma, posterior se realiza un lavado con agua.
- c) **Tostado:** El proceso de tostar los granos se puede hacerlo de forma artesanal, similar al tradicional tostado del café, en una cazuela o en un tostador eléctrico. Los granos deben tomar una coloración pardo claro, pues el exceso de calor inactiva sustancias nutritivas necesarias como son los aminoácidos, aunque también se emplea para eliminar sustancias antinutritivas que son sensibles al calor, pero además acelera las interacciones carbohidratos proteína lo que reduce la digestibilidad de la proteína y disponibilidad de aminoácidos.

- d) **Molienda:** En muchas operaciones de la manufactura de los alimentos suele ser una necesidad frecuente, desmenuzar los sólidos mediante la aplicación de fuerzas mecánicas, esto facilitar la extracción del café además mejora el proceso de mezcla, con las partículas de tamaño más pequeñas.
- e) **Tamizado:** El tamizado es una operación básica en la que una mezcla de partículas sólidas de diferentes tamaños se separa en dos o más fracciones pasándolas por un tamiz. Cada fracción es uniforme en tamaño que la mezcla original.

El producto fino logrado se utiliza de la misma manera que el café es decir obteniendo la esencia por filtración. El producto presenta ventajas respecto al café porque al no contener cafeína no es estimulante ni dañino para la salud (Villareal, 2013).

2.7. IMPORTANCIA DEL TOSTADO EN LA CALIDAD DEL SUCEDÁNEO DE CAFÉ

El proceso de tostado en la elaboración de un sucedáneo de café se considera como de las operaciones más importantes, ya que de esta depende el olor y aroma característico que este pueda brindar como un sustituto de café, en este proceso están asociados fenómenos de transferencia de calor y transferencia de masa con reacciones químicas (Yulieth P et al., 2016).

Durante el tostado existen 5 fases principales: desecación, crecimiento, disgregación, tostado completo y enfriamiento; característico y a causa de la pirolisis aparecen productos gaseosos como vapor de agua, CO₂ y CO, compuestos volátiles por la descomposición de los carbohidratos, proteínas y grasas que son los causantes del aumento del tamaño del grano, el cual comienza a tomar una coloración marrón a causa de las reacciones de Maillard y la caramelización de azúcares. (Lee et al., 2017). Posteriormente comienzan las reacciones exotérmicas debido al calor de reacción dentro del grano, que hacen que este alcance temperaturas hasta de 200°C aproximadamente. Después de alcanzada la óptima caramelización de azúcares, se obtiene la tostación completa en donde desciende el contenido de agua a valores entre 1,50 % y 3,50 % en peso, considerándose la temperatura óptima de tueste entre los 210°C y 230°C pues se presenta los cambios

químicos en el grano que generan las propiedades organolépticas propias de la infusión (Yulieth P et al., 2016).

En un estudio realizado al sucedáneo de café a base de cebada, la materia prima (cebada) es sometida a ciertos parámetros de tiempo y temperatura, en este estudio se menciona que para lograr un índice de tostado ligero, se debe tostar a una temperatura de $180 \pm 20^{\circ}\text{C}$ durante un tiempo de 60 minutos; para lograr un índice de tostado medio luz, la temperatura deberá ser de $200 \pm 50^{\circ}\text{C}$ durante un tiempo de tostado de 60 minutos; mientras que, para lograr un índice de tostado medio, la temperatura de tostado deberá ser de $220 \pm 20^{\circ}\text{C}$ durante los mismos 60 minutos, como se muestra en la siguiente Figura 7 (Abdel-Haleem & Abdel-Aty, 2021).



Figura 7. Color de los sucedáneos del café a base de variedades de cebada tostada y descascarillada con diferentes índices de tueste.

Nota: (C) sucedáneos del café de Giza133. El subíndice 1 indica una temperatura de tostado de $180 \pm 20^{\circ}/ 60$ min, el subíndice 2 indica una temperatura de tostado de $200 \pm 50^{\circ}/ 60$ min y el subíndice 3 indica una temperatura de tostado de $220 \pm 20^{\circ}/ 60$ min. **Fuente:** (Abdel-Haleem & Abdel-Aty, 2021)

2.7.1. TIEMPOS DE TOSTADO

El tiempo de tostado juega un papel clave para el desarrollo del sabor y propiedades físicas del grano. El tueste largo y el tueste corto no dan como resultado las mismas propiedades del grano. Dado que el tueste rápido se combina con mayores tasas de transferencia de calor, la temperatura del grano aumenta más rápido, la deshidratación y las reacciones químicas avanzan a un ritmo mayor. Las tasas de formación de gas son más altas durante el tueste rápido, además terminan el proceso de tueste con un contenido de humedad final ligeramente superior, debido a la redistribución del agua dentro grano. Mientras que, la intensidad general del sabor puede ser más fuerte para los granos tostados rápidamente en comparación con los granos tostados lentamente de color idéntico. Algunos compuestos aromáticos se

generan preferentemente en condiciones de tostado rápido, mientras que otros mejoran en condiciones de tostado lento. (Schenker & Rothgeb, 2017).

En consecuencia, la variación del tiempo de tostado conduce a perfiles distinguidos de concentraciones de compuestos de sabor. El café de tueste rápido generalmente brinda más acidez en el perfil de la taza y a menudo, una nota "tostada" más fuerte. Los cafés tostados lentamente a menudo muestran una mayor intensidad en atributos sensoriales como notas "equilibradas", "afrutadas", "como nueces" y "tostadas" (Schenker & Rothgeb, 2017).

2.7.2. TEMPERATURA DE TOSTADO

Según Schenker & Rothgeb (2017), señala que, la temperatura se configura más alta para un tiempo de tostado más rápido y más baja para condiciones de tostado lento. La temperatura real del producto se desarrolla en función de los ajustes de temperatura del aire caliente y el diseño de la máquina. La cinética de deshidratación dentro del grano depende del perfil de transferencia de calor y da como resultado curvas de deshidratación distinguidas. Por ejemplo, se puede evaporar más o menos agua durante las primeras etapas de tostado, la diferente actividad del agua en las diferentes etapas del proceso influye en las reacciones químicas y finalmente, también en los cambios estructurales. Durante el proceso de tueste pueden ocurrir nuevas combinaciones de temperatura del grano y actividad del agua. Las etapas prolongadas a temperaturas más bajas pueden dejar más tiempo para la generación de precursores de sabor específicos e influir en las reacciones químicas posteriores. En comparación con los granos de color final idéntico y obtenidos de un proceso de tostado tradicional con un tiempo de tostado idéntico, los granos de inicio lento-final rápido suelen lograr más volumen y porosidad. En algunos casos, la diferencia de estructura también se refleja en un mayor rendimiento de extracción. Los dos productos también dan como resultado diferentes perfiles de sabor estadísticamente significativos.

2.8. CAMBIOS QUÍMICOS DURANTE EL TOSTADO

Las reacciones químicas más importantes durante el tostado que afectan a los carbohidratos son: las reacciones de Maillard, la pirólisis, y caramelización; además

ocurre la desnaturalización y degradación de las proteínas. Asimismo, la formación de gas (CO_2) al interior del grano se genera como resultado de la pirólisis y reacción de Maillard, una parte del gas se libera a la atmósfera durante el tostado, otra parte importante permanece atrapada dentro de los granos y solo se libera más tarde durante el almacenamiento en un proceso de desorción lenta y durante los pasos de procesamiento posteriores (Schenker & Rothgeb, 2017).

2.8.1. REACCIÓN DE MAILLARD

Según Samaras et al. (2005), en un estudio realizado a las maltas tostadas y horneadas, concluye que, las concentraciones de azúcares y aminoácidos disminuyeron con la intensidad del tratamiento térmico aplicado, esto a causa de la reacción de Maillard, así como a la caramelización del azúcares; la pirolina y la glutamina, fueron el aminoácido libre más abundante en las muestras de malta, excepto en las más tostadas, mientras que la maltosa fue el azúcar más abundante, mientras que la catequina y el ácido ferúlico fueron los compuestos fenólicos más abundantes en la mayoría de las maltas, además la actividad antioxidante aumentó con la intensidad del calentamiento, en paralelo con la formación de color en maltas tostadas.

En las maltas horneadas, los compuestos fenólicos fueron los principales responsables de la actividad antioxidante, seguidos de los productos de la reacción de Maillard, mientras que en las maltas tostadas, los productos de la reacción de Maillard fueron responsables de la mayor parte de la actividad antioxidante (Samaras et al., 2005).

Los antioxidantes inducidos por el calor incluyen melanoidinas y reductonas, que están formadas por el Maillard reacción durante el horneado o tostado (Samaras et al., 2005).

Justyna & Kawa-rygielska (2020), en un estudio realizado a las maltas menciona que las melanoidinas formadas como resultado del tratamiento térmico de la malta a partir de azúcares reductores y aminoácidos o proteínas contribuyen a la formación de la actividad antioxidante, estas afectan positivamente la capacidad antioxidante de los productos alimenticios, así como la estabilidad durante el

almacenamiento. El mecanismo de su actividad antioxidante se basa en la capacidad de romper reacciones en cadena de radicales, reducción de H_2O y eliminación de radicales libres; sin embargo, algunos de los compuestos, formados durante las primeras etapas del proceso de reacción de Maillard, se consideran cancerígenos, por lo tanto, es difícil decidir explícitamente cuáles de las actividades son dominantes.

Los compuestos polifenólicos son responsables de la actividad antioxidante y la estabilidad durante el almacenamiento. Durante el tostado, las principales reacciones químicas son las reacciones de Maillard. Se trata de una serie de cambios iniciados por la reacción entre azúcares reductores y grupos amino, dando lugar a la formación de compuestos responsables del color y sabor de los productos tratados térmicamente.

Las reacciones se pueden dividir en varias etapas. En el primero de ellos se crean los productos de reacción de fase temprana. Son principalmente productos del reordenamiento de Amadori, el segundo paso involucra la formación de intermediarios tales como: HMF, aldehídos de Strecker y pirazinas; y la última y tercera etapa es la formación de las melanoidinas, que son productos finales de reacción estas son un grupo de compuestos con una estructura muy diversa, las cuales dan color a la cebada tostada y le proporcionan actividad antioxidante (Justyna & Kawa-rygielska, 2020).

Según varios estudios especialistas en café, a medida que aumenta el grado de tostado de los granos, se pierden algunos compuestos polifenólicos; sin embargo, esto no se correlaciona con una disminución de la actividad antioxidante de las infusiones de café. En lugar de estos compuestos, se crean nuevos productos químicos que también actúan como antioxidantes. Se pueden observar tendencias similares en el caso del mosto probado en nuestro experimento (Justyna & Kawa-rygielska, 2020).

Los compuestos polifenólicos sufren cambios químicos en las condiciones del proceso tecnológico de producción de malta. Esto sucede durante el procesamiento térmico de los granos. Para algunos polifenoles como la quercetina, el tratamiento

térmico se asocia con un aumento de la actividad antioxidante. Sus productos de descomposición son antioxidantes más potentes que los compuestos originales (Justyna & Kawa-rygielska, 2020).

2.9. ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DEL SUCEDÁNEO DE CAFÉ A BASE DE CEBADA

La actividad antioxidante es la capacidad de una sustancia para inhibir la degradación oxidativa, gracias a su capacidad para reaccionar con radicales libres, recibiendo el nombre de antioxidante (Londoño, 2012). Los antioxidantes juegan un papel importante en la vida útil de los alimentos, por ejemplo, inhiben o previenen la oxidación de lípidos, dando como resultado la formación de compuestos aromáticos indeseables y protección de los valiosos componentes de los alimentos como proteínas y vitaminas; debido al alto contenido de sustancias biológicamente activas, la cebada se ha vuelto de gran interés como producto básico para la producción de alimentos funcionales, estos antioxidantes están presentes en forma libre y ligada en los granos de cebada, principalmente ubicados en la capa de cáscara y aleurona (Mareček et al., 2017). Según Omwamba & Hu (2009) en un estudio realizado al sucedáneo de cebada, menciona que, la mayoría de los compuestos fenólicos libres en este cereal son flavanoiles y tocoferoles, mientras que los compuestos fenólicos combinados son principalmente ácidos fenólicos, ácido ferúlico ácido cumarico.

Según (Mareček et al., 2017) en un estudio realizado a distintas variedades de cebada, demostró que la actividad antioxidante, depende también de la variedad. Muestra a continuación el contenido de actividad antioxidante por el método ABTS en distintas variedades de cebada, como se muestra en la Tabla 4. Dicho autor también concluye que en el proceso de tostado al cual es sometida la materia prima, se debe a “un aumento de friabilidad de los tejidos de la capa de grano durante el horneado también puede contribuir a una mayor tasa de extracción de compuestos fenólicos. También otros compuestos, como azúcares reductores y melanoidinas, que se originan a través de la reacción de Maillard contribuyen a la capacidad antioxidante”.

Tabla 4. Actividad antioxidante en variedades de cebada.

Actividad antioxidante método ABTS ($\mu\text{mol/ g}$)		
Variedad cebada	Cebada	Malta
Aksamit	2,50a	2,90b
Bojos	2,10c	2,70c
Jersey	2,40b	3,00a
Prestigio	2,40b	2,90a
Radegast	2,10d	2,60d
Sebastián	2,10d	2,70c
LSD (0,05)	0,06	0,07

Fuente: (Mareček et al., 2017)

En dicho estudio se puede observar que existe un promedio de 2,26 ($\mu\text{mol/ g}$) en cebada de distinta variedad, mientras que el contenido de actividad antioxidante en la malta tuvo una variación con respecto a la materia prima, pues en promedio se logró analizar 2,80 ($\mu\text{mol/ g}$); lo cual quiere decir que, al someter las muestras de cebada a altas temperaturas y tiempos de tostado, la actividad antioxidante tiende a subir.

Según Chen et al. (2019), en un estudio realizado a 20 variedades de cebada y malta tostada, establece que el potencial antioxidante de la malta debe evaluarse mediante al menos dos métodos diferentes para obtener resultados fiables. En la investigación se evaluaron al menos 5 métodos, para poder determinar actividad antioxidante, de acuerdo a la Figura 8.

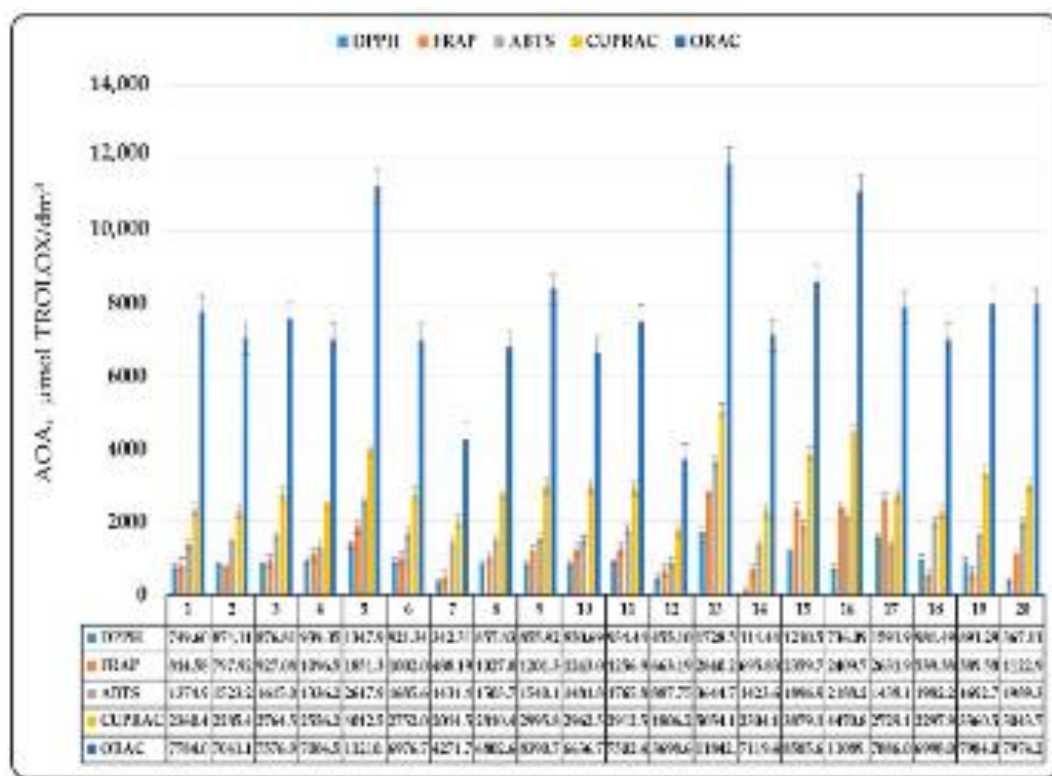


Figura 8. Contenido de actividad antioxidante en la malta.

Nota: Análisis de actividad antioxidante en 20 tipos de malta y comparación de cada método utilizado. **Fuente:** (Chen et al., 2019)

En dicho estudio se llega a concluir que la capacidad antioxidante aumentó al elevar el grado de tratamiento térmico y el color de la malta. El contenido de actividad antioxidante en las maltas varía de entre 2500 – 12500 $\mu\text{mol Trolox/L}$ (Chen et al., 2019).

Según otro estudio realizado por Tarawneh et al. (2021), en donde se buscó evaluar la actividad antioxidante en el café tostado (Saudi Habshi), café tostado (colombiano), café verde (colombiano), sucedáneos de café a base de cebada y dátiles tostados, menciona que, el café tostado (Saudi Habshi) exhibió la mayor actividad antioxidante seguida por el café tostado (colombiano), la cebada tostada, el café verde (colombiano) y los dátiles tostados, como se muestra en la siguiente Tabla 5.

Tabla 5. Actividad antioxidante de muestras analizadas utilizando ensayos ABTS

Muestras	ABTS (mg/g)
Dátiles tostados	140,19±7,10
Cebada tostada	289,11±4,60
Café tostado (Saudi Habshi)	354,22±0,30
Café tostado (Colombiano)	296,71±10,00
Café verde (Colombiano)	280,97±3,00

Fuente:(Tarawneh et al., 2021)

2.9.1. FACTORES QUE INFLUYEN SOBRE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

Según estudios realizados a varias muestras de cebada, Mareček et al., (2017) menciona que, existen ciertos factores que pueden provocar que la capacidad antioxidante de la cebada cambie, entre ellos están:

Impacto del año

Generalmente, las condiciones climáticas pueden tener un impacto en todos los parámetros de cultivos agrícolas ya sea por una u otra razón. Por lo tanto, fue esperada que también la capacidad antioxidante pudiera haber sido influenciada por este factor. El TEAC medio de cebada (calculado a través de todas las muestras analizadas) osciló entre 2,10 y 2,50 $\mu\text{mol/g}$ (ABTS). La capacidad antioxidante también puede verse influenciada por el contenido de proteína, mientras mayor sea el contenido de proteína, menor será la capacidad antioxidante.

Impacto variedad

Es importante mencionar también que la variedad tiene un impacto en el contenido de antioxidantes, según Mareček et al., (2017) en su estudio menciona que los niveles promedios de actividad antioxidante se sitúan en el rango de 2,50 – 2,10 $\mu\text{mol/g}$. teniendo variedad Aksamit con uno de los valores más altos; teniendo así diferencias significativas.

2.10. POLIFENOLES TOTALES EN SUCEDÁNEO DE CAFÉ A BASE DE CEBADA

Como se ha mencionado anteriormente, la cebada tiene presentes diferentes compuestos antioxidantes entre ellos una amplia gama de antioxidantes fenólicos de la cebada involucra ácidos fenólicos, proantocianinas, quinonas, flavonoides, chalconas, flavonas y compuestos aminofenólicos (Mareček et al., 2017).

Los compuestos fenólicos se consideran el grupo principal de compuestos responsables de la actividad antioxidante en un alimento. Se forman como metabolitos secundarios en la planta ya sea comúnmente durante el crecimiento o como respuesta al estrés que esta se someta (radiación UV, lesión) o ambos. La cantidad total de polifenoles oscila entre 0,10% y 0,60% de materia seca, dependiendo de muchos factores, como la variedad de cebada, localidad de cultivo y clima (Mareček et al., 2017).

La cebada y la malta son ricas en compuestos fenólicos: flavan-3-oles, proantocianidinas, derivados del ácido hidroxicinámico y pequeñas cantidades de flavanoles. Estos compuestos se encuentran tanto en forma unida como libre. Los flavan-3-oles se identifican más comúnmente a partir de los compuestos fenólicos libres y las formas unidas son más comúnmente ácidos fenólicos. Varios autores señalaron que los representantes más comunes de este grupo son la catequina y el ácido ferúlico (Chen et al., 2019).

Además, se ha encontrado que el ácido ferúlico es más estable y como resultado, se encuentra en mayores cantidades en la malta final. El proceso de malteado y principalmente el paso de horneado de la malta verde condujo a un aumento en la cantidad de fracciones de compuestos fenólicos. Estos cambios están asociados con la liberación enzimática de compuestos fenólicos unidos, así como con reacciones de glicosilación. En la mayoría de los casos, el horneado conduce a una disminución de la cantidad de ácido ferúlico, lo que está asociado con la inclusión de compuestos fenólicos en la estructura de las melanoidinas formadas. El proceso de reducción de la cantidad de ácido ferúlico también está asociado con la degradación térmica de la esterasa responsable de la liberación de ácido ferúlico (Chen et al., 2019).

Según un estudio de análisis de actividad antioxidante y polifenoles totales en café instantáneo, expresso, filtro y café turco/griego, sustitutos del café (raíz de achicoria tostada, cebada, guisante, garbanzo, algarroba e higo seco) establece que existe un aumento de la actividad de actividad antioxidante con la temperatura y la duración del tostado (Gorjanović et al., 2017).

Los cafés considerados en el estudio realizado por Gorjanović et al. (2017), representan una rica fuente de compuestos fenólicos. El contenido de polifenoles totales (TPC) más alto se observó para cafés instantáneos y sustitutos del café. Los sucedáneos del café fueron la mejor fuente de fenoles que los cafés turcos, expresso y de filtro. Los cafés instantáneos descafeinados exhibieron un TPC más bajo (hasta 7,73g GAE/L) que sus contrapartes de café regular (hasta 9,61g GAE/L). El TPC más bajo entre 24 muestras de café se ha atribuido al café de filtro descafeinado, según la Tabla 6.

Tabla 6. Contenido fenólico total (TPC) y actividad AO de cafés y sustitutos del café determinados mediante polarografía DC (HPMC), Ensayos DPPH, FRAP y ABTS.

Muestras	CPT (g GAE/L)	ABTS (mM TE/L)	DPPH ((mM TE/L)	FRAP((mM Fe(II)/L)X
Instantáneo	9.38 ± 0.11n	47,41 ± 0,33 q	13,24 ± 0,06o	94,13 ± 0,61 m
Turco	3.52 ± 0.02e	21,40 ± 0,46 kl	6,40 ± 0,15j	43,20 ± 0,33i
Expreso	4,43 ± 0,20j	20,12 ± 0,40j	7.03 ± 0.54k	42,64 ± 0,80i
Algarroba	7.83 ± 0.09f	37,58 ± 0,39 g	44,82 ± 3,59 g	73,52 ± 3,67f
Cebada	6.60 ± 0.031d	29,36 ± 0,99e	36,96 ± 0,63f	66,65 ± 0,28 d
Garbanzo	5,38 ± 0,03b	25,77 ± 1,15c	34,14 ± 1,85 d	62,87 ± 6,89c
Achicoria	5.31 ± 0.04a	23,88 ± 2,26b	31.07 ± 1.21b	51,58 ± 7,06b
Guisante	5,09 ± 0,03c	23,33 ± 0,12a	31,29 ± 0,73c	50,24 ± 0,65a
Higo	5.29 ± 0.02a	27,39 ± 1,07 d	29,01 ± 0,40a	50,05 ± 3,09a
CV	7.33	9,27	6,36	7,65

Nota: Los datos representan las medias de un experimento por triplicado \pm desviación estándar CV coeficiente de variación a–m, valores con la misma letra en la columna, no son estadísticamente diferentes en el nivel p ≤ 0.05 , límite de confianza del 95%, según el HSD de Tukey. **Fuente:** (Gorjanović et al., 2017)

Se ha encontrado que la cebada tostada es el segundo sustituto de acuerdo con la actividad de TPC y AO determinada por todos cuatro ensayos de actividad antioxidante. (Gorjanović et al., 2017).

En otro estudio realizado a sucedáneos de café a base de achicoria, cebada y cafés de distinta variedad realizado por Torma et al., (2019), establece que en la actualidad la mayoría de personas está optando por el consumo de sucedáneos de café, es por ello que se realiza un análisis de polifenoles totales y actividad antioxidante donde se establece la siguiente Tabla 7.

Tabla 7. Contenido de polifenoles (TPC) y capacidades antioxidantes por ABTS de cafés y sustitutos.

Muestras	TPC (mg GAE/100ml café)	ABTS (μmol TE/100 ml café)
Achicoria	84,1 \pm 4,6	1567 \pm 185
Cebada tostada	13,2 \pm 2,0	991 \pm 15,0
53% cebada tostada y 47% café	55,5 \pm 8,2	1214 \pm 21,0
Café arábica	70,3 \pm 29	2036 \pm 15,6
Café robusta	120 \pm 13,4	2878 \pm 35,5

Fuente: (Torma et al., 2019)

2.11. ACRILAMIDA EN LA CEBADA TOSTADA

Los sustitutos del café a base de cebada tostada se desarrollaron para reducir los riesgos potenciales del consumo de café asociados con el alto contenido de cafeína. El proceso de tostado de los granos de cebada mejora el sabor, el olor, la apariencia y la textura de sus sustitutos del café, debido a la formación de compuestos aromáticos como pirazinas, cetonas y aldehídos. Sin embargo, según ciertos

estudios sobre el tostado de cebada, determinaron que por encima de 120 °C resulta una formación no intencional de acrilamida en la reacción de Millard, ya que los granos son una fuente rica de asparagina libre, el principal precursor en la formación de acrilamida en los alimentos (Abdel-Haleem & Abdel-Aty, 2021).

La Comisión Europea estableció un nivel de referencia de 500 µgkg⁻¹ por la presencia de acrilamida en sucedáneos del café exclusivamente de cebada tostada. (Abdel-Haleem & Abdel-Aty, 2021)

Para estimaciones de ingesta, 1000 y 4000 µg acrilamida kg⁻¹día del peso corporal, fueron seleccionados para la población en general y grandes consumidores, respectivamente. (Mizukami et al., 2016)

Según (Mizukami et al., 2016) en un estudio realizado al análisis de acrilamida en una bebida que considera como materia prima la cebada establece que: En los granos de cebada, la acrilamida se forma por encima de los 120°C, alcanzando un máximo a los 150°C. Por encima de esta temperatura, la cantidad de acrilamida disminuye con el tostado continuo.

La concentración de acrilamida en los granos fue de 0,14 mg kg⁻¹. La concentración de acrilamida en las bolsitas de té fue de 0,17 mg kg⁻¹. Las varianzas obtenidas son de niveles similares a los valores reportados previamente. El nivel de acrilamida disminuye poco después de alcanzar el nivel máximo durante el tostado. Por lo tanto, las concentraciones de acrilamida de los granos de cebada profundamente tostados de color oscuro los valores fueron más bajos que los de los granos tostados claros con mayores valores. (Mizukami et al., 2016)

Antes del tostado, la concentración de acrilamida estaba por debajo del LOD en todas las muestras de grano de cebada utilizadas en este estudio. La formación de acrilamida en los alimentos suele requerir temperaturas superiores a los 120 °C. Por lo tanto, estas muestras deben haberse secado por debajo de 120°C. La concentración de acrilamida en los granos de cebada aumenta primero con la temperatura de su superficie. durante el tostado. Sin embargo, luego disminuye después de alcanzar cierta temperatura superficial, exhibiendo una curva en forma de 'U' invertida como se puede observar en la siguiente Figura 9. Tal disminución

puede estar asociada con las propiedades físicas de la acrilamida, que se descompone y polimeriza al fundirse por encima de los 175°C (Mizukami et al., 2016).

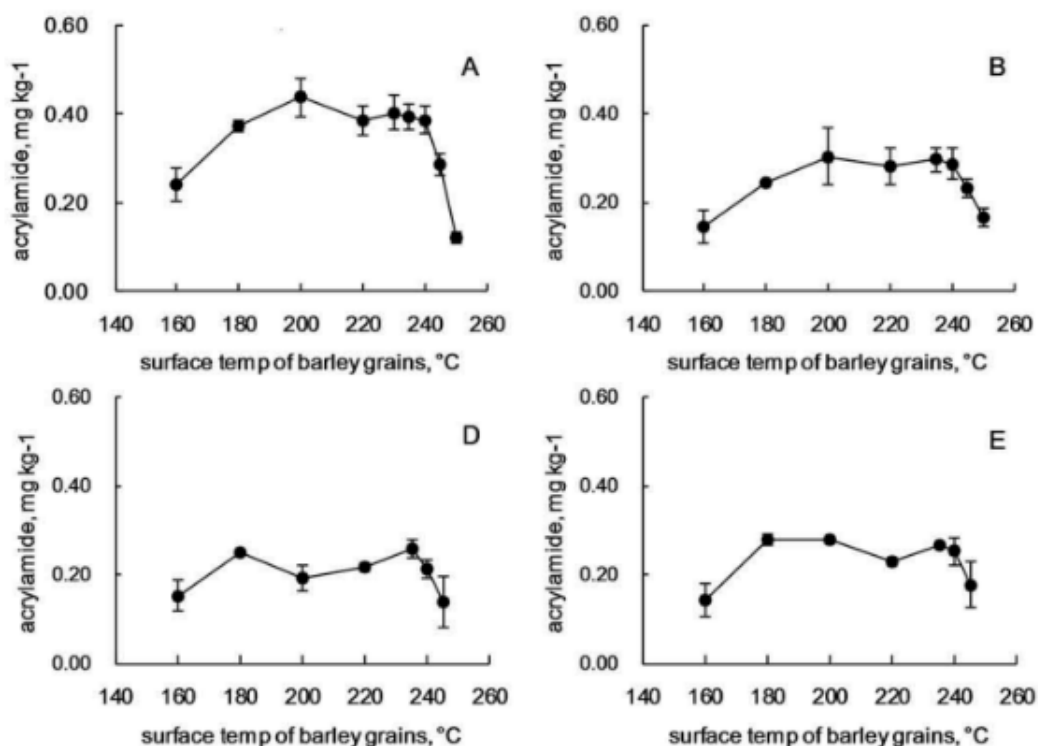


Figura 9. Efecto de la temperatura sobre el contenido de acrilamida en la cebada.

Nota: Efecto de la temperatura superficial de los granos de cebada sobre la formación de acrilamida en productos tostados. El tambor se hizo girar a 36 rpm y se midió la temperatura superficial de los granos de cebada durante el tostado usando un termómetro de radiación. El tostado se repitió por triplicado. **Fuente:** (Mizukami et al., 2016).

Según (Schlörmann et al., 2019) en un estudio realizado a la cebada tostada a distintas temperaturas de tostado, demuestra que: Las concentraciones de acrilamida en los productos de cebada cruda estaban por debajo del límite de detección de 10 µg/kg. Por el contrario, el contenido de acrilamida en los productos de cebada tostada aumentó junto con el aumento temperaturas de tostado. En los granos de cebada tostados, las concentraciones de acrilamida variaron de 28,80 a 322 µg/kg después del tostado con temperaturas de 160°C a 200°C, respectivamente.

En copos finos de cebada, se detectaron de 63,60 a 586 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de acrilamida después de tostarlos con 160°C a 200°C. Las concentraciones de acrilamida en hojuelas gruesas de cebada oscilaron entre 44,40 y 804 $\mu\text{g}/\text{kg}$ después del tostado con las respectivas temperaturas (Schlörmann et al., 2019).

2.12. DETERMINACIÓN DE ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE MEDIANTE EL MÉTODO ABTS*

Este método se basa en una reacción química que determina la capacidad de los antioxidantes para capturar radicales libres de catiónico ABTS*; es decir que captura que se produce un descenso de la absorbancia a 374nm. El descenso producido por el trolox es comparado al producido por el antioxidante que se analiza de forma simultánea (Molinas, 2019).

Según la metodología desarrollada por Re y descrita por Kuskoski el radical ABTS*⁺ se obtiene tras la reacción de ABTS (7 mM) con persulfato potásico (2,45 mM, concentración final) incubados a temperatura ambiente ($\pm 25^\circ\text{C}$) y en la oscuridad durante 16 horas. Una vez formado el radical ABTS*⁺ se diluye con etanol hasta obtener un valor de absorbancia comprendido entre 0,70 ($\pm 0,1$) a 754 nm (longitud de onda de máxima absorción). Las muestras filtradas se diluyen con etanol hasta que se produce una inhibición del 20 al 80%, en comparación con la absorbancia del blanco, tras añadir 20 μL de la muestra. A 980 μL de dilución del radical ABTS*⁺ así generado se le determina la A754 a 30°C, se añade 20 μL de la muestra y se mide de nuevo la A754 pasado 1 minuto. La absorbancia se mide de forma continua transcurridos 7 minutos. El antioxidante sintético de referencia, Trolox, se ensaya a una concentración de 0-15 μM (concentración final) en etanol, en las mismas condiciones, lo que se hace también con ácido ascórbico (0-20 mg/100 mL). Los resultados se expresan en TEAC (actividad antioxidante equivalente a Trolox) y en VCEAC (actividad antioxidante equivalente a vitamina C), en este último caso por tratarse de alimentos (Roth, 2009).

2.13. PRUEBAS SENSORIALES

El análisis sensorial de los alimentos se los lleva a cabo con distintos tipos de pruebas, según el propósito para la que se efectuó. Existen tres tipos principales de pruebas: Afectivas, Discriminativas y Descriptivas.

2.13.1. PRUEBAS AFECTIVAS

Son aquellas pruebas donde el juez expresa su reacción subjetiva sobre la muestra a evaluar, es decir si lo acepta o rechaza, o si prefiere otro. Estas pruebas son difíciles de interpretar, ya que se trata de apreciaciones personales. Se clasifican en pruebas de preferencia, pruebas de satisfacción y pruebas de aceptación. Para las afectivas es necesario un mínimo de 30 jueces no entrenados (Apolo, 2015).

- a) **Pruebas de satisfacción:** Determina el grado de satisfacción de una muestra. Las escalas hedónicas son instrumentos de medición para las sensaciones placenteras o desagradables producidas por la muestra sometida a la prueba, estas pueden ser verbales o gráficas y la elección del tipo de escala depende de la edad de los jueces y número de muestra a evaluar.
- b) **Escala hedónica verdad:** Describe de forma verbal la sensación que produce una muestra, esta escala debe contar con un indicado del punto medio (cero) a fin de facilitar al juez la localización en un punto de indiferencia a la muestra (Apolo, 2015).
- c) **Prueba de aceptación :** Determina el deseo de adquirir un producto, esto no solo depende de cuánto le parece agradable o desagradable fue para el juez sino también depende de aspectos culturales, socioeconómicos, de hábitos, etc. (Apolo, 2015).

2.13.2. PRUEBAS DISCRIMINATIVAS

Son aquellas pruebas subjetivas que se dan al evaluar entre dos o más muestras. Además, sirven para determinar el efecto de modificaciones en las condiciones del proceso sobre la calidad sensorial del producto, para lo cual deben emplearse jueces entrenados (7-12 jueces) pero si las pruebas son sencillas pueden participar jueces semi-entrenados (12-20 jueces).

2.13.2.1. Pruebas de diferenciación

Estas pruebas de diferenciación se usan para comparar entre 2 a 5 muestras estas pueden ser:

- a) **Comparación de pares:** Consiste jueces dos muestras del producto a evaluar, preguntado alguna característica sensorial como: cuál de las dos muestras es más dulce o más insípida, cuál de las dos muestras es más crocante, etc.

2.13.2.2. Prueba de dúo trío

Consiste en presentar a los jueces 3 muestras marcadas una muestra marcada como referencia con la letra R y las otras muestras codificadas donde una es igual a la muestra patrón y la otra es diferente para lo cual se mide se identifique la muestra patrón.

2.13.2.3. Prueba triangular

Consiste en presentar a los jueces tres muestras codificadas, de las cuales dos son iguales y una diferente. El juez debe identificar la muestra diferente, durante la prueba las muestras se deben presentar a cada juez en diferente orden (Apolo, 2015).

2.13.3. PRUEBAS DESCRIPTIVAS

Son aquellas que nos ayuda a definir las propiedades del producto y medirlas de la maneja más objetiva posible, en esta prueba es importante las preferencias aversiones de los jueces, y no es tan importante saber si las diferencias entre las muestras son detectadas sino cual es la magnitud o intensidad de los atributos del producto (Apolo, 2015).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El proyecto se llevó a cabo en los Laboratorios de Unidades Edu-Productivas de la Escuela de Ingeniería Agroindustrial, de la Facultad de Ingeniería de Ciencias Agropecuarias y Ambientales, perteneciente a la Universidad Técnica del Norte. Ubicada en el cantón Ibarra, Provincia de Imbabura como se observa en la Tabla 8. El análisis de contenido de activada antioxidante y polifenoles totales, se lo realizó en los laboratorios de investigación del INIAP ubicado en el cantón Tambillo Provincia de Pichincha como se observa en la Tabla 9.

Tabla 8. Localización del experimento.

Condiciones	Descripción
Provincia	Imbabura
Cantón	Ibarra
Lugar	Laboratorio Unidades Edu-productivas, Universidad Técnica del Norte
Altitud	2220 msnm
Precipitación	631,40mm
Humedad relativa promedio	73%
Temperatura media.	18 ° C

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología e Hidrología [IMAMHI] (2020)

Tabla 9. Localización del experimento.

Condiciones	Descripción
Provincia	Pichincha
Cantón	Mejía
Lugar	Estación Experimental Santa Catalina
Altitud	3050 msnm
Precipitación	1127.50 mm
Humedad relativa promedio	76%
Temperatura media.	18.0 ° C

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología e Hidrología [IMAMHI] (2020)

3.2. MATERIA PRIMA, INSUMOS, REACTIVOS, MATERIALES Y EQUIPOS.

Los insumos, reactivos materiales y equipos que se emplearon en la presente investigación se encuentran detallados en la siguiente Tabla 10, mismos que sirvieron para poder medir, analizar y así cumplir con los objetivos planteados en el estudio.

Tabla 10. Instrumentos, equipos y reactivos a utilizar

Materia Prima	Equipos	Instrumentos	Reactivos
Cebada	Espectrofotómetro Jenway	Balanza analítica	Trolox: 6 hidroxy 2,5,7,8-tetramethycroman acid
	Tostador de granos	Baño ultrasónico	ABTS (ácido – 2,2 – azinobis (3 –

etilbenzotiazolina) – 6 –
sulfónico)

Molino	Espectrofotómetro	Persulfato de potasio
Cronómetro	Tubos de ensayo de 10ml	Fosfato de sodio monobásico
Balanza gramera	Micropipetas 100ul y 50ul	Fosfato de sodio dibásico grado reactivo
Balanza analítica	Puntas para micropipetas	
Termómetro	Papel parafilm	
	Papel aluminio	
	Papel toalla	
	Balones de aforo 25ml	
	Vasos de precipitación	
	Papel whatman 0,45	
	Frascos ambar	
	Probetas	

3.3. MÉTODOS

La variedad de cebada utilizada fue INIAP-CAÑICAPA 2003, la cual se obtuvo en la provincia de Imbabura, Cantón Ibarra, Parroquia Angochagua, Comunidad

Zuleta, con una humedad de 11 a 12% y una granulometría de 6 a 7mm de diámetro y así poder homogeneizar las muestras; para establecer los parámetros de estudio, se comparó con investigaciones realizadas anteriormente, tomando como referencia el tostado de café, según lo planteado por (Chugá, 2018).

3.3.1. ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE LA MATERIA PRIMA

Previo a los análisis físico químicos de la cebada INIAP-CAÑICAPA 2003, se procedió a analizar de acuerdo a la normativa (NTE INEN 1559). Posteriormente se realizaron los siguientes análisis, según la siguiente Tabla 11.

Tabla 11. Análisis físico-químicos y actividad antioxidante

Características	Variables	Método
	Grado de impurezas	NTC INEN 1559
	Humedad	AOAC 925.10 (Roman,2003)
Físico-químicas	Actividad Antioxidante	Método ABTS+
	Fenoles totales	Método Folin-Ciocalteu descrito por Thaipong et al., (2006)

3.3.2. FACTORES EN ESTUDIO

En esta investigación se estudiaron 2 factores, tiempo representado por la letra A y temperatura representada por la letra B, como se detalla en la Tabla 12.

Tabla 12. Factores Diseño Experimental

Factores en estudio

Tiempo de tostado	
Factor A	A1: 24 min Cebada
	A2: 29 min Cebada
Temperatura de tostado	
Factor B	B1: 190°C
	B2: 210°C

3.3.3. TRATAMIENTOS

A continuación, en la siguiente Tabla 13 se detallan los tratamientos utilizados en esta investigación y sus respectivas interacciones.

Tabla 13. Tratamientos en estudio

	Factor A	Factor B	
Tratamientos	Tiempo de tostado	Temperatura de tostado.	Simbología
T1	A1	B1	A1B1
T2	A1	B2	A1B2
T3	A2	B1	A2B1
T4	A2	B2	A2B2

Se realizó una comparación entre los tiempos de secado y las temperaturas de secado para posterior realizar un análisis de contenido de antioxidantes totales en el producto final en cada uno de los métodos.

3.3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL

En el presente estudio se utilizó un Diseño Experimental Completamente al Azar (DCA) con un arreglo factorial A x B. El número de tratamientos es de 4 con 3 repeticiones para cada tratamiento, dando un total de 12 Unidades Experimentales.

3.3.5. CARACTERÍSTICA DEL EXPERIMENTO

Numero de Repeticiones	3
Tratamientos	4
Unidades Experimentales	12

Cada unidad experimental se conformó de 500g para la obtención de sucedáneo de café de cebada.

3.3.6. ESQUEMA DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico propuesto que se utilizó se muestra en la siguiente Tabla 14.

Tabla 14. ANOVA para un Diseño Completamente al Azar

Fuentes de variación	GL
TOTAL	11
Tratamientos	3
Tiempos de secado	1
Temperatura de secado	1
I (AxB)	1
Error Experimental	8

3.4. VARIABLES Y MÉTODOS DE EVALUACIÓN

3.4.1. VARIABLES CUANTITATIVAS

3.4.1.1. Determinación de grado de impureza

Tabla 15. Análisis físico de Materia Prima

Análisis	Método	Norma	Unidad Max
Impurezas	Manual	NTE INEN 1559	3%
Humedad	Estufa	NTE INEN 1559	13%

Fuente: (NTE INEN, 2004)

En la presente investigación se utilizó 30kg de cebada, de acuerdo a los requerimientos físicos que muestra en la tabla de acuerdo a la Norma NTE INEN 1559:2004. Los cuáles fueron analizados en los laboratorios de las Unidades Educativas de la carrera de Ingeniería Agroindustrial. Esta normativa establece que el contenido máximo de impurezas que debe tener una muestra de cebada para consumo humano deberá ser de 3% como se describe en la Tabla 15 (NTE INEN, 2004).

En este análisis se realizó una evaluación preliminar, donde se hizo un reconocimiento general del grano con la vista, tacto, olfato sobre la apariencia general del grano, olor, infestación, impurezas y humedad. Para la clasificación del grano se usó el método analítico de según NTE INEN 2 356, el cual detalla: que el tamiz I debe tener ranuras de 2,80 mm, el tamiz II ranuras de 2,50 mm y el tamiz III de 2,20 mm de ancho, se clasificó de acuerdo a la Tabla 16. Los tamices se tienen que mover exactamente en forma horizontal durante 5 minutos. Para este ensayo es necesario pesar $100g \pm 0,01 g$ de granos de cebada y colocar sobre el tamiz de 2,80 mm, una vez realizada la clasificación del grano se separó los granos partidos, granos dañados e impurezas y se pesó todo para poder realizar el cálculo.

Tabla 16. Clasificación de la cebada

Tamiz	Resultado
Tamiz I	Cebada de primera

Tamiz II y II	Cebada de segunda
Fondo	Granza

Fuente: (IEN-NTE 2346, 2006)

Para la determinación de impurezas se procedió a separar de forma manual todo el material que quedo debajo de las cribas, seleccionando así granos verdes, inmaduros, dañados, partidos etc. Posterior a esto se procede a pesar, determinando así su porcentaje total en masa. Se debe tomar en cuenta la siguiente Tabla 17 y 18 para poder llegar a los resultado y conclusiones de este análisis.

Tabla 17. Grados de calidad del grano de cebada para consumo humano

Grados de calidad	Clasificación, % (min) retenido sobre el tamiz	Granos dañados total % (*)	Granos pequeños y delgados o cualquiera de los dos, %(máx.)	Granos partidos, % (máx.)
1	85	5	5	5
2	65	7	10	10

Fuente: NTE INEN (2004).

Tabla 18. Requisitos físicos y químicos del grano de cebada para consumo alimentario

Requisitos	Valor	Método de ensayo
Humedad, % (base humedad) (máx.)	13	NTE INEN 1 235
Impurezas, %(máx.)	3	NTE INEN 1 559

Fuente: NTE INEN (2004).

3.4.1.2. Humedad

El contenido de humedad de la materia prima (cebada) se determinó de acuerdo a la NTE INEN 1 235, la cual establece que se debe pesar 5 g de muestra en una en un crisol y llevar a la estufa para ser secado a temperatura de 100 °C, durante 5

horas, una vez transcurrido este tiempo, se toma los pesos de los crisoles con las muestras y se calcula el porcentaje de humedad de acuerdo a la formula.

Ecuación 1. Determinación de humedad

$$\%H = \frac{PM - (PCM - PCV)}{PM} * 100$$

Dónde:

PM: peso muestra (g)

PCM: peso del crisol con muestra (g)

PCV: peso del crisol vacío (g)

3.4.1.3. Determinación de actividad antioxidante método ABTS

Este método se basa en la decoloración del catión radical ABTS⁺ como resultado de la transferencia de un átomo de hidrógeno de un agente antioxidante y que es determinado por medio de un espectrofotómetro. (Lazcano-Sánchez et al., 2015).

a) Extracción de las muestras

Este proceso de extracción de muestras inicio con el pesaje de 0,30 g de muestra para adicionar 5 ml de la solución extractora (70% metanol, 30% agua bidestilada y 0,1% ácido fórmico). Las muestras se agitaron durante 1 minuto en el agitador de tubos, posteriormente se colocó en el baño ultrasónico durante 10 minutos. Se centrifugó las muestras a 5700 rpm por 10 minutos, posterior a ello se filtra el sobrenadante y se recolectó en un balón volumétrico ámbar de 25 ml. Se realizaron tres extracciones adicionales a cada muestra siguiendo la misma metodología, hasta obtener una extracción total. Las muestras se almacenaron en refrigeración. Este extracto se utilizó para cuantificar el contenido de fenoles y flavonoides totales, actividad antioxidante y compuestos fenólicos.

b) Cuantificación de actividad antioxidante

El siguiente método indirecto determina la habilidad que posee un antioxidante para neutralizar al catión ABTS⁺, esto es medido en función de una disminución de absorbancia que se evidencia por un cambio de color de azul a incoloro. El siguiente método se realizó en base al método por Re et al, (1998) citado por Samaniego &

Espín (2016) con ciertas modificaciones, para lo cual se procedió a preparar una curva de calibración con trolox grado p. a. disuelto en buffer fosfato pH 7,00 (estándar), en un intervalo de 0 a 600 μM a partir de una solución madre de 2000 $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$

Para generar el catión ABTS^+ se mezclaron en proporción 1:1 la solución madre ABTS^+ (7mM) con la solución de persulfato de potasio (2,45 mM). La mezcla permaneció en un matraz oscuro a temperatura ambiente durante 16 horas antes de su uso.

La solución activada de ABTS^+ se diluyó con una solución amortiguadora de fosfatos 75mmol/l (pH 7,00) hasta obtener una lectura de absorbancia de $1,1 \pm 0,01$ a una longitud de onda de 734 nm. Posteriormente para el análisis de las muestras se transfirió a un tubo de vidrio con un volumen de 200 μl de extracto de la muestra y se adicionaron 3800 μl de la solución de trabajo ABTS^+ , se agitó vigorosamente y se dejó reposar en un lugar oscuro durante un tiempo de 45 minutos. Posterior a esto se midieron las absorbancias de cada muestra por duplicado a una longitud de onda de 734 nm.

La curva de calibración se construyó con soluciones preparadas del estándar Trolox y se calculó la absorbancia neta como lo indica en la ecuación y se grafica en función de la concentración. El valor obtenido se interpoló en la curva de calibración y se expresó en μmol Trolox/g de muestra.

Ecuación 2 . Determinación de absorbancia neta

ABTS muestra y/o patrón trolox

$$= \text{BTS solución de trabajo inicial} - \text{ABTS muestra 45 min}$$

Ecuación 3. Capacidad antioxidante

$$ABTS = \frac{ABS - b}{m} * \frac{VT}{Pm} * FD$$

Siendo:

ABS = Absorbancia neta de la muestra y/o patrón trolox

b = Punto de corte curva de calibración

m = Pendiente curva de calibración

VT = Volumen total de extracto

FD = Factor de dilución

Pm = Peso de la muestra g.

3.1.1.1. Determinación de Fenoles totales

Se realizó la determinación de polifenoles totales en base al método de Slinkard & Singleton (1967) con adaptaciones descrito por Samaniego & Espín (2016), este método mide mediante espectrofotometría compuestos cromóforos de color azul, productos de la reacción de los polifenoles totales y el reactivo de Folin & Ciocalteu donde fue necesario preparar una curva de calibración con ácido gálico disuelto en agua bidestilada (estándar) en un rango de concentración de 0 a 100 mg de ácido gálico*L-1 muestra partiendo de una solución madre de 200 mg de ácido gálico*L-1 .

Para la cuantificación de fenoles totales en las muestras de sucedáneo de café, se tomó 1 ml del extracto, se añadió 6 ml de agua destilada y 1 ml de reactivo de Folin – Ciocalteu y se dejó reposar durante tres minutos. Posteriormente se añadió 2 ml de la solución de carbonato de sodio al 20%, inmediatamente se agitó en un vórtex y se calentó en baño maría a 40°C durante 2 minutos. La absorbancia se leyó a 760 nm por duplicado. La cuantificación de fenoles se realizó utilizando una curva patrón con ácido gálico. Los resultados fueron expresados en mg de ácido gálico*g-1 de muestra en base a la siguiente ecuación obtenida de la interpolación de la absorbancia en la curva de calibración de ácido gálico.

c) Cálculos y expresión de los resultados

El resultado se expresó como mg equivalentes de ácido gálico/ g de muestra.

Ecuación 4. *Determinación de Polifenoles Totales*

$$PT = \frac{A - b}{m} * \frac{VT}{Pm} * FD$$

Siendo:

A = Absorbancia a 760 nm

b = Punto de corte curva de calibración

m = Pendiente curva de calibración

VT = Volumen total de extracto

FD = Factor de dilución

Pm = Peso de la muestra g.

3.1.2. VARIABLES CUALITATIVAS

3.1.2.1. Análisis de aceptabilidad sensorial

Las muestras de las bebidas de café fueron preparadas de acuerdo a la metodología de Grupo Alcanho, (2019) en donde menciona que se debe tomar en cuenta que las muestras deben estar tostadas dentro de las 24 horas pertinentes a la evaluación, cada muestra de polvo de sucedáneo de café debe pesar 8,25g por cada 10ml de agua (98°C) y se debe dejar reposar de 3 a 5 minutos para determinar la fragancia. Para determinar el sabor la temperatura de la muestra se dejará enfriar de 8 a 10 minutos.

Como se menciona en Apolo (2015): se analizó el nivel de aceptabilidad de producto mediante pruebas afectivas donde se midieron la aceptabilidad del producto por parte del panel degustador, en donde se establecieron 4 muestras incluida número de 50 panelistas. De acuerdo a Cárdenas, y otros (2018) Es importante que la hora de la evaluación no debe acercarse nunca a la hora de la comida, ya que generara una respuesta poco fiable.

Análisis de datos: Los datos de los análisis sensoriales fueron evaluados de acuerdo a las pruebas no paramétricas Basker y Fiedman. Es decir que se evaluó Fragancia/aroma, sabor, color y aceptación final.

3.2. MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO

A continuación, se detallan cada una de las operaciones que se realizaron en el proceso de elaboración de sucedáneo de café a base de cebada.

3.2.1. RECEPCIÓN DE LA MATERIA PRIMA

La prima utilizada en la presente investigación fue cebada variedad INIAP-Cañicapa 2003, proveniente de la Hacienda Zuleta, dicha materia prima se recolectó en estado seco como se muestra en la Figura 10, para su posterior análisis.



Figura 10. Recepción de la Materia Prima

Nota: Cebada variedad INIAP CAÑICAPA 2003

3.2.2. SELECCIÓN

Los granos secos fueron seleccionados de forma manual, teniendo en cuenta la NTE INEN 1559:2004 en donde se utilizó un tamiz de 2,80 mm y se agitó durante 5 minutos de forma horizontal; posterior a esto se procedió a separar la cebada retenida sobre la criba y la que se quedó en el fondo de la misma como se observa en la Figura 11 y 12; esta última resulta ser impurezas de la cebada la cual consiste en, granos partidos, pequeños e impurezas en general que pudieran intervenir en la modificación de sus características fisicoquímicas, así para poder determinar su porcentaje en base a su peso inicial (Otálora & Rubio, 2010).



Figura 11 y Figura 12. Selección y Clasificación de la Materia Prima

Nota: Figura 11. Clasificación de la cebada por medio de cribas de 2,8mm. Figura 12. Resultado de impurezas de cada muestra (5kg)

3.2.3. PESAJE

Una vez que la materia prima se encontró sin ninguna impureza, se pesó la cantidad de 500g para su posterior tostado como se aprecia en la Figura 13.



Figura 13. Pesado de la materia prima

3.2.4. TOSTADO

En el proceso de tostado como se visualiza en la Figura 14, se tomó en cuenta el tiempo y la temperatura de tostado de cada uno de los tratamientos estudiados, dando como resultado la cebada tostada, la cual se muestra en la Figura 15, es muy importante recalcar que este proceso es crucial para la determinación de los resultados de los análisis realizados en esta investigación.



Figura 14 y Figura 15. Tostado de cebada

3.2.5. MOLIDO

En este proceso se toma porciones de las muestras para así poder triturar en el molino con el fin de obtener la granulometría requerida, como se muestra a continuación en la Figura 16.



Figura 16. Molido de tostado de cebada para sucedáneo de café

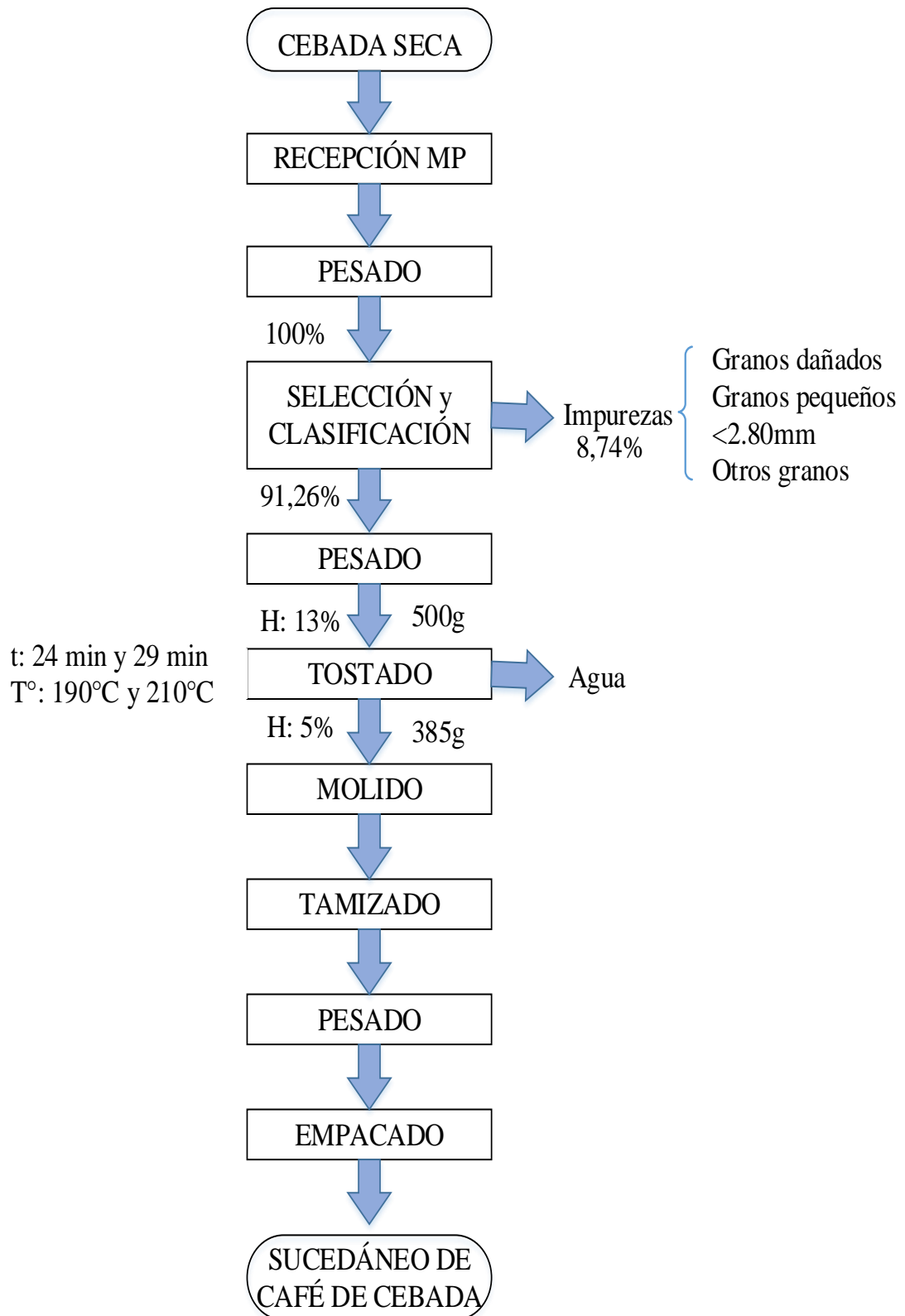
3.2.6. EMPACADO

El proceso de empacado se llevó a cabo una vez que la cebada se encuentre a temperatura ambiente, se empaque el producto se lo realizó en bolsas desgasificadoras selladas herméticamente, como se observa en la siguiente Figura 17.



Figura 17. Empacado de la cebada tostada y molida en bolsas desgasificadoras

3.2.7. DIAGRAMA DE PROCESO DE SUCEDÁNEO DE CAFÉ



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LA CEBADA (*HORDEUM VULGARE*) VARIEDAD INIAP-CAÑICAPA 2003.

El presente trabajo de investigación titulado “Evaluación de los parámetros del proceso de tostado de cebada variedad INIAP - Cañicapa 2003 (*Hordeum vulgare*), sobre la capacidad antioxidante en una bebida, considerada sucedáneo de café”, presenta los siguientes resultados. Cumpliendo con el primer objetivo, en cuanto a los análisis fisicoquímicos se llevó a cabo la caracterización de la materia prima.

Los análisis fisicoquímicos realizados a la materia prima se consideran como un punto de partida en el proceso de la investigación, pues determinan la calidad de la misma. En la siguiente Tabla 19 se reflejan los resultados obtenidos en cuando a los análisis propuestos en estudio.

Tabla 19. Características físico químicas de la cebada

Parámetro Analizado	Unidad	Resultado	Método de ensayo
Humedad	%	12,00 ± 0,04	Estufa
Contenido de impurezas	%	8,73 ± 0,72	Manual
Actividad antioxidante ABTS ⁺	μmol Trolox/g	26,69 ± 0,06	ABTS ⁺
Fenoles totales	mg EAG/ g	3,97 ± 0,08	Fenoles totales

Nota: Los resultados se expresan como el promedio de dos mediciones, ± desviación estandar

4.1.1. CONTENIDO DE IMPUREZAS

Para la estandarización de la materia prima, se utilizó cribas de 2,80mm (cebada de primera) para poder clasificar la cebada; tomándose en cuenta la normativa técnica INEN 1559, en donde se obtuvieron los siguientes resultados, según la siguiente Tabla 20.

Tabla 20. Contenido de Impurezas en Cebada variedad INIAP- Cañicapa 2003

Clasificación de granos retenidos sobre el tamiz. %	Granos dañados, total. %	Granos pequeños y delgados%	Granos partidos. %	Impurezas %
91,26	1,82	2,76	1,19	2,96

Fuente: Autor

En base a la Normativa Técnica INEN 1559, se establece un 5% como máximo en cada una de las variables como granos dañados, granos partidos y granos pequeños. En esta investigación, según el análisis de selección manual, se logró determinar que estas variables cumplen con dicha normativa, pues ninguna sobrepasa el límite máximo establecido. Dicho lo anterior, la materia prima utilizada se clasifica como cebada de primera calidad.

Según Belokurova et al., (2020). Las impurezas de grano de la cebada incluyen granos enteros y dañados de otras plantas: trigo, espelta, centeno y avena; Según la normativa Rusa el contenido de impurezas no debe ser mayor al 2 %, por lo que en dicho estudio no se sobrepasa este límite establecido. Por otro lado, NTE establece que las impurezas no deberán sobrepasar el 5%; lo cual quiere decir que la calidad de la cebada de este estudio es aceptable.

Según estudios realizados a ciertos cereales, la presencia de impurezas dentro de la investigación, podría causar datos erróneos en caso de que se llegara a evaluar el peso hectolítrico, pues en caso de tener semillas redondas, estas pueden llegar a colocarse entre los espacios formados por los granos del cereal y puede llegar a aumentar el peso hectolítrico, sin embargo, muchas impurezas pequeñas y medianas podrían llegar a disminuir. No obstante, las cualidades de preservación del cereal son raramente afectadas con la presencia de impurezas (Ruiz & Urbina, 2015).

Es importante que estas impurezas sean removidas de forma completa antes de que el cereal sea sometido a cualquier proceso que este destinado, pues la presencia de esta podría llegar a alterar la calidad del producto que se vaya a realizar (Ruiz & Urbina, 2015).

Esto quiere decir que es muy importante realizar un análisis de impurezas a la materia con la que se quiera trabajar, pues en caso de que haya, durante el proceso de tostado estas podrían provocar que el producto adquiriera aromas extraños; además, en caso de que se requiera hacer análisis químicos estas impurezas podrían arrojar datos erróneos; en este análisis de contenido de impurezas, se encontraron semillas de avena negra, la cual pudo haber intervenido en los datos finales de contenido de antioxidantes y polifenoles totales.

4.1.2. HUMEDAD

De acuerdo a la Normativa Técnica INEN 1559, el porcentaje de humedad máximo es del 13% en cebada de consumo diario; es decir que el resultado de este análisis está dentro de los rangos óptimos, dichos valores fueron determinados mediante el método de la estufa, en donde se aplicó una temperatura de 100°C durante 3 horas, como lo menciona la normativa, llegando al valor de $12 \pm 0,04$ % en la humedad de la materia prima (NTE INEN, 2004).

Un alto contenido de humedad durante el almacenamiento contribuye a la pérdida del poder de germinación de la semilla, afecta la calidad del almidón, de la proteína y además induce acidez; también afecta las estructuras físicas (granos integrales) provocando la pérdida del contenido nutricional a través de la reducción composiciones químicas promedio y los valores energéticos de la especie convirtiéndola en materia prima ineficiente para la industrialización (Noroña, 2018).

Según Belokurova et al., (2020). Si el contenido de humedad de la masa de granos de cualquier cultivo es significativamente más alto que el crítico, en presencia de otras condiciones favorables (principalmente una cierta temperatura), los microorganismos se desarrollan rápidamente, lo que se acompaña de cambios notables en la calidad del grano. La intensidad del proceso se explica por la

presencia en los microcapilares de las cáscaras del grano de una importante cantidad de agua utilizada por los microorganismos.

El contenido de humedad en el estudio realizado a la cebada variedad INIAP Cañicapa 2003 muestra un 13%, lo que garantiza que el cereal se encuentra debidamente almacenado, lo que quiere decir que no podría existir alteraciones en estudios físico químicos a los cual se somete durante y posterior al proceso de la elaboración del sucedáneo de café a base de cebada.

4.2. RESULTADO DEL EFECTO DE LOS FACTORES EN ESTUDIO EN EL PROCESO DE TOSTADO DE CEBADA

Se evaluaron los efectos de temperatura y tiempo durante el proceso de tostado sobre la humedad, cromatografía, actividad antioxidante y fenoles totales.

4.2.1. HUMEDAD

El contenido de humedad es uno de los parámetros más importantes que se debe tomar en cuenta en el procesamiento del café, pues de este depende la conservación del mismo. La humedad juega un papel muy importante en el crecimiento microbiológico, como también en la determinación de propiedades del café, pues podría provocar gránulos haciendo que se deteriore su vida útil (Ferminia Marroig, 2019).

Tabla 21. Análisis de Varianza de Humedad

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	F. Calculada	
Total	11		
Tratamientos	3	32,61	**
Factor A	1	39,25	**
Factor B	1	33,37	**

Factor AB	1	25,21	**
Error exp.	8	0,03	
CV		5,25	

Nota: F. calculada: valor de prueba estadística; * significativo; ** altamente significativo; NS: no significativo; CV (%): coeficiente de variación.

En la Tabla 21 presentada se reflejan datos del análisis de varianza, donde Factor A (Tiempo), Factor B (Temperatura) y Factor AB, influyen de manera altamente significativa en el contenido final de humedad, lo cual quiere decir que un aumento en la temperatura y tiempo de tostado de tostado provoca una disminución en el contenido de humedad final del sucedáneo de café de café a base de cebada. Debido a la alta significancia, la prueba Tukey para tratamientos la cual se ve reflejada en la siguiente Tabla 22.

Tabla 22. Prueba Tukey en % de Humedad de Cebada Tostada y Molida

Tratamiento	Media	Rangos*
T1	4,24	a
T2	3,14	b
T3	3,09	b
T4	3,01	b

*Medias con letras diferentes presentan diferencias estadísticas, según Tukey ($p > 0,05$)

En esta tabla se visualiza que se encontraron 2 rangos, de los cuales se podría decir que los mejores tratamientos fueron los pertenecientes al rango b; sin embargo, la NTE INEN 1123: 2006 menciona que el contenido de humedad en un café o sucedáneo de café deberá ser inferior al 5%, esto quiere decir que los tratamientos pertenecientes a los 2 rangos se encuentran dentro de los valores señalados por la norma técnica ecuatoriana INEN para café tostado y molido.

Se aplicaron también la prueba de Diferencia Mínima Significativa (DMS) ($\alpha < 0.05$) para los factores A (Tiempo) y Factor B (Temperatura), como se puede apreciar en las Tablas 23 y 24.

Tabla 23. Prueba DMS al Factor A (Tiempo)

Factor	Media	DMS*
A1	3,69	a
A2	3,05	b

*Medias con letras diferentes presentan diferencias estadísticas, según DMS ($p > 0,05$)

Tabla 24. Prueba DMS al Factor B (Temperatura)

Factor	Media	DMS*
B1	3,67	a
B2	3,07	b

*Medias con letras diferentes presentan diferencias estadísticas, según DMS ($p > 0,05$)

Esta prueba permitió observarse que, a un tiempo de 29 minutos y una temperatura de 210°C los factores tuvieron un mayor efecto en la disminución de humedad del café tostado y molido con relación a los tratamientos con bajos tiempos y temperaturas de tostado, por otro lado, al aplicar bajas temperaturas y bajos tiempos de tostado, no ocurrió el mismo comportamiento de descenso de humedad.

En la siguiente Figura 18, se representa el contenido de humedad máximo que debe tener una muestra de café o sucedáneo de café de acuerdo a la normativa establecida, comparado con los porcentajes (%) de humedad obtenidos en los diferentes tratamientos puestos a investigación.

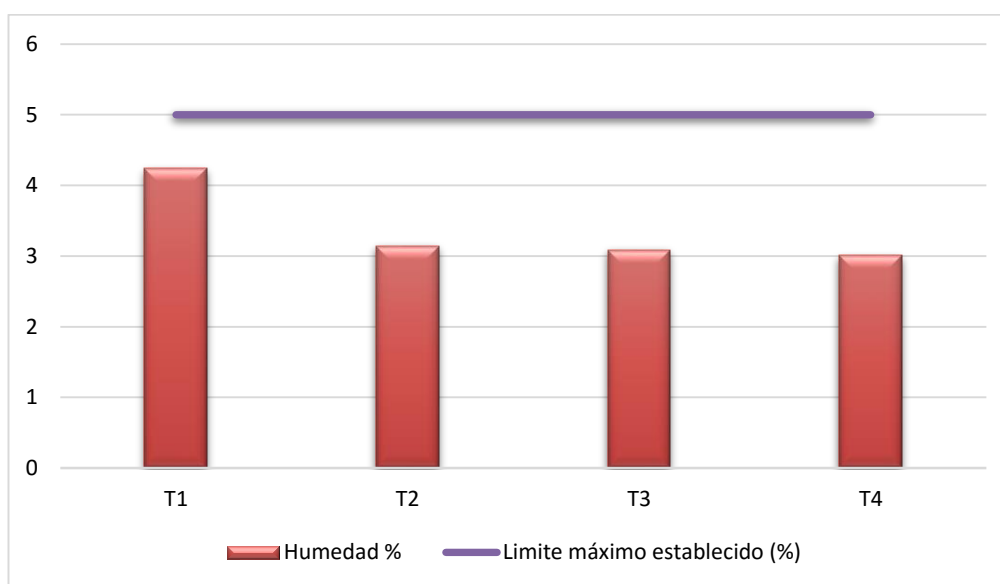


Figura 18. Comparación de la Cebada Tostada y Molida y el límite máximo permitido (%) El tratamiento con mayor contenido de humedad fue el T1 (Temperatura de 190°C y Tiempo de 24 minutos); mientras que el tratamiento T2 (Temperatura de 210°C y Tiempo de 24 minutos) T3 (Temperatura de 190°C y Tiempo de 29 minutos) y T4 (temperatura de 210°C y un tiempo de 29 minutos) mostraron un descenso en su humedad.

Un aumento en la temperatura de secado conduce a una disminución del contenido de humedad del café en polvo puesto que, el incremento de la temperatura de entrada conduce a una rápida eliminación del agua, dado que la tasa de transferencia de aumenta y como consecuencia provoca un menor contenido de humedad en las muestras (Sarabandi et al., 2019; Tolun et al., 2016). Estudios similares en muestras de café en polvo atribuyen la disminución del contenido de humedad al aumento de la temperatura de secado, mientras que en este estudio se vio reflejado que los factores de tiempo y temperatura influyen de manera significativa en los resultados de humedad final del producto.

Los resultados del contenido de humedad que se obtuvieron en esta investigación se sitúan en el intervalo de $3,10\% \pm 0,16$ a $4,24\% \pm 0,10$, valores que son similares con otros estudios (Huang & Zhang, 2013; Villegas-Santiago et al., 2019; Wongsa et al., 2019).

4.2.2. ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE

La capacidad antioxidante del sucedáneo de café, se atribuye a sus antioxidantes naturales como también a los compuestos fenólicos provenientes de los procesos de tostado, este factor puede también estar influenciado con los factores de color, estado de madurez o variedad del fruto. Cabe recalcar que ninguna metodología usada analíticamente permite medir la capacidad antioxidante de un alimento en su totalidad (Ferminia Marroig, 2019).

Tabla 25. Análisis De Varianza de Actividad Antioxidante

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	F. Calculada	
Total	11		
Tratamientos	3	69,30	**
Factor A	1	29,95	**
Factor B	1	174,48	**
Factor AxB	1	3,47	NS
Error Exp.	8		
CV		7,45	%

Nota: F. calculada: valor de prueba estadística; ** altamente significativo; NS: no significativo; CV (%): coeficiente de variación.

El análisis de varianza muestra que los tratamientos presentado en la Tabla 25, el Factor A (Tiempo de tostado), Factor B (Temperatura de tostado) influyen de manera altamente significativa ($p \leq 0,01$) sobre el contenido de actividad antioxidante en el sucedáneo de café a base de cebada, mientras que la interacción de Factores AxB influyen de manera no significativa ($p \leq 0,01$) sobre la actividad antioxidante (ABTS⁺).

Debido a la alta significancia entre los factores se realizó la prueba Tukey ($\alpha \leq 0,05$). En esta prueba se encontraron tres grupos diferentes, donde el grupo a y b se consideraron como los mejores tratamientos por tu mayor contenido de actividad antioxidante, siendo T1 el mejor tratamiento, seguido de T2, como se muestra en la siguiente Tabla 26.

Tabla 26. Prueba Tukey en Contenido de Actividad Antioxidante.

Tratamiento	Media	Rangos*
T4	91,81	a
T2	71,71	b
T3	50,52	c
T1	40,63	c

*Medias con letras diferentes presentan diferencias estadísticas, según Tukey ($p > 0,05$)

Además, se realizaron las pruebas de DMS, en donde los Factores A y B, muestran una diferencia significativa en los resultados, pues A2 y B2 afectaron directamente en los resultados de contenido de actividad antioxidante; a continuación, dichos resultados se ven reflejados en las Tablas 27 y 28.

Tabla 27. Prueba DMS al Factor A (Tiempo)

Factor	Media	DMS*
A2	71,16	a
A1	56,17	b

*Medias con letras diferentes presentan diferencias estadísticas, según DMS ($p > 0,05$)

Tabla 28. Prueba DMS al Factor B (Temperatura)

Factor	Media	DMS*
---------------	--------------	-------------

B2	81,76	a
B1	45,57	b

*Medias con letras diferentes presentan diferencias estadísticas, según DMS ($p > 0,05$)

En cuanto a los resultados de los compuestos antioxidantes de las distintas muestras de sucedáneo de café, muestra valores superiores en comparación a los resultados de la materia prima. Esto puede ser provocado por distintos factores como son la genética, las condiciones ambientales y los procesos a los que la muestra se someta. Dichos resultados se presentan en la siguiente Figura 19, en donde se realiza una comparación entre la capacidad antioxidante de la cebada cruda, con la capacidad antioxidante que se obtuvo después de someter a los tratamientos al proceso de tostado.

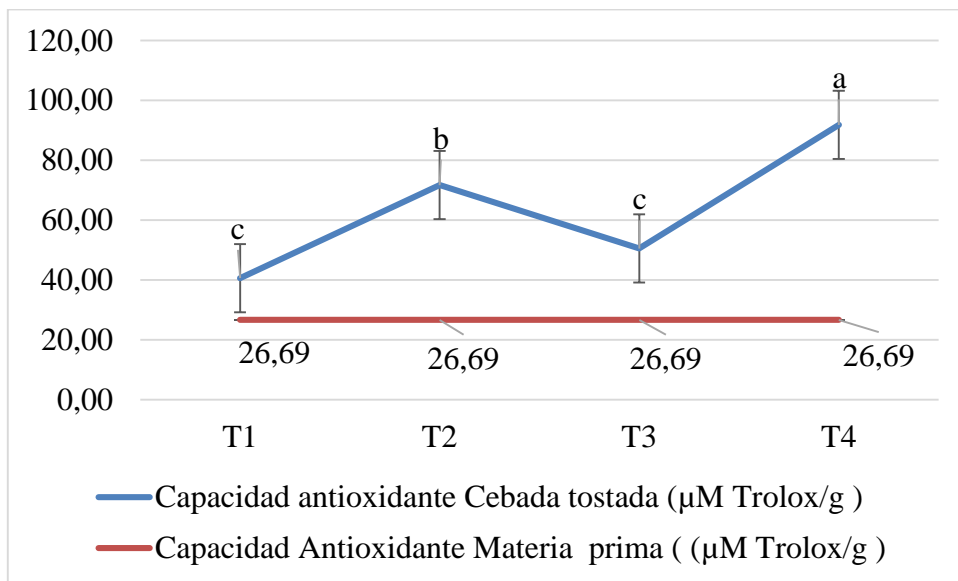


Figura 19. Comparación de la Actividad Antioxidante de la Materia Prima con Cebada Tostada y Molida.

En esta figura se puede observar que después de someter al tostado el contenido de capacidad antioxidante de la cebada tiene una variación considerable, el T4 (Tiempo: 24min y Temperatura: 210°C) tuvo un aumento estadísticamente significativo. Según otros estudios a la malta el TEAC de extractos de cebada y agua de malta determinado con ABTS se estuvieron rangos de 1.60 –3.00 µmol/g en cebada, y de 2,20 a 3,30 µmol/g en malta. (Mareček et al., 2017); lo cual quiere que el contenido de actividad antioxidante varía posterior al proceso de tostado.

Según Chen et al. (2019) en un estudio realizado a la cebada y malta tostada a 160 y 230°C durante un tiempo de 30 minutos, llega a concluir que la capacidad antioxidante aumentó al elevar el grado de tratamiento térmico. El contenido de actividad antioxidante en las maltas varía de entre 2500 – 12500 $\mu\text{mol Trolox/L}$, la mayor actividad antioxidante de las maltas se debió principalmente a los productos formados en la reacción de Maillard, que se correlacionó con el color de la malta y el contenido de melanoidinas. Las catequinas, el ácido cafeico, el ácido ferúlico y el ácido sinápico.

Según Ferminia Marroig, (2019) en estudios realizados a un sucedáneo de café de higo con tostados en hornos de leña y horno eléctrico muestra como estos diferentes métodos de tostado influyen de manera significativa sobre la capacidad antioxidante en horno eléctrico se presentaron resultados de 58 ± 2 mg Trolox/g mientras que en horno de leña se presentó 45 ± 1 mg trolox/g (Ferminia Marroig, 2019).

Según Mareček et al. (2017) en dicho estudio de actividad antioxidante de la cebada y malta en distintas variedades se mantuvo en un rango de 2,10 – 3,0 $\mu\text{mol/g}$, como se describe en la Tabla 4; lo cual quiere decir que, al someter las muestras de cebada a altas temperaturas y tiempos de tostado, la actividad antioxidante tiende a subir, como es en el caso de esta investigación.

Los datos obtenidos también fueron confirmados en los estudios de Cechovska et al. (2012) que muestran que la presencia de productos de la reacción de Maillard aumentó la actividad antioxidante de malta hasta 13 veces, sin embargo, en esta investigación, matemáticamente los resultados del T4 se triplicaron.

De acuerdo a Gorjanović et al., (2017) el contenido de actividad antioxidante por el método ABTS en el sucedáneo de cebada fue de $29,36 \pm 0,99$ (mM TE/L), lo cual también lo describe como el segundo sucedáneo de café en tener mayor contenido de actividad antioxidante, comparado con otros sucedáneos de algarroba, garbanzo, achicoria, guisante e higo. Un aumento de friabilidad de los tejidos de la capa de grano durante el horneado también puede contribuir a una mayor tasa de extracción de compuestos fenólicos y otros compuestos, como azúcares reductores y

melanoidinas, que se originan a través de la reacción de Maillard contribuyen a la capacidad antioxidante, esto quiere decir que cuando se aplica un mayor tiempo y temperatura de tostado, la actividad antioxidante de la cebada tostada y molida tiende a subir de manera significativa.

4.2.3. POLIFENOLES TOTALES

En cuanto a los resultados del contenido de polifenoles totales de la materia prima, así como también de la cebada tostada y molida, se presentan con los siguientes datos que se observan en la siguiente Tabla 29.

Tabla 29. Análisis de Varianza de Polifenoles Totales

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	F. Calculada	
Total	11		
Tratamientos	3	67,59	**
Factor A	1	20,39	**
Factor B	1	176,34	**
Factor AxB	1	6,02	NS
Error Exp.	8		
CV		6,35	%

Nota: F. calculada: valor de prueba estadística; ** altamente significativo; NS: no significativo; CV (%): coeficiente de variación

En el análisis de varianza se muestra los tratamientos, Factor A (Tiempo), Factor B (Temperatura) influyen significativamente ($p \leq 0,01$) en el contenido de polifenoles totales de las muestras; mientras que el análisis de interacción AxB influye de manera no significativa dentro del estudio.

Al existir una diferencia altamente significativa, se realizó la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0,05$), en la cual se dio como resultado que los tratamientos T4 y T2, presentaron un mayor contenido polifenoles totales, dichos tratamientos fueron a los cuales se le sometió temperaturas de 210°C, mientras que T3 y T1 se ubican en el rango C como se puede observar en la siguiente Tabla 30, lo que quiere decir que los datos no varían y además poseen menor contenido de polifenoles totales, llegándose a mencionar que el parámetro de temperatura influye más que el tiempo en el proceso de tostado.

Tabla 30. Prueba Tukey en Polifenoles Totales

Tratamientos	Media	Rangos
T4	7,93	a
T2	6,45	b
T3	4,59	c
T1	4,05	c

*Medias con letras diferentes presentan diferencias estadísticas, según Tukey ($p > 0,05$)

Para el caso de los factores también se realizó una prueba de Diferencia Mínima Significativa (DMS $\alpha \leq 0.05$). El análisis de esta prueba estadística dio como resultado que A2 (Tiempo= 29 min) y B2 (Temperatura= 210°C) influyen en el elevado contenido de antioxidantes de la cebada tostada y molida, como se muestra en las siguientes Tablas 31 y 32.

Tabla 31. Prueba DMS al Factor A (Tiempo)

Factor	Media	DMS
A2	6,26	a
A1	5,25	b

*Medias con letras diferentes presentan diferencias estadísticas, según Tukey ($p > 0,05$)

Tabla 32. Prueba DMS al Factor B (Temperatura)

Factor	Media	DMS
B2	7,18	a
B1	4,32	b

*Medias con letras diferentes presentan diferencias estadísticas, según Tukey ($p > 0,05$)

Como se muestra en la Figura 20 el T4 (Tiempo= 29 min y temperatura= 210°C) y T2 (Tiempo= 24 min y temperatura= 210°C) presentaron un mayor contenido de polifenoles totales, mientras que los tratamientos T1 (Tiempo= 24 min y temperatura= 190°C) y T3 (Tiempo= 29 min y temperatura= 190°C) presentaron un contenido de polifenoles totales menor, lo cual quiere decir que, al aplicar bajas temperaturas y bajos tiempos en el proceso de tostado, en contenido de polifenoles totales no tiene una gran variación.

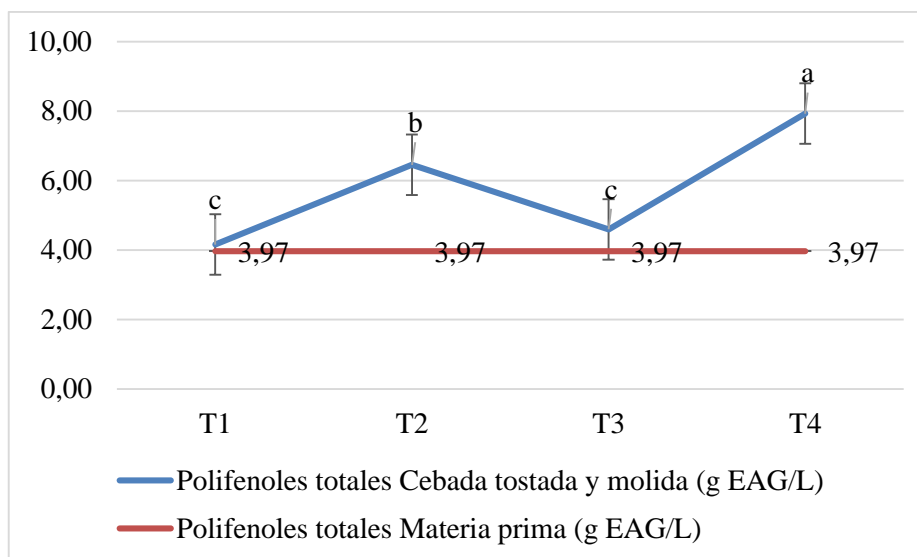


Figura 20. Comparación del contenido de Polifenoles Totales de la Materia Prima con el resultado final de la Cebada Tostada y Molida

Según el autor Ferminia Marroig (2019), en un estudio realizado a un sucedáneo de café, tostados en un horno eléctrico y horno de leña, presentaron $23,60 \pm 0,60$ y

19,50±0.40 mg GAE/ g respectivamente. Lo que quiere decir que el contenido de polifenoles totales en el sucedáneo de café a base higo es superior a los resultados de esta investigación donde se analiza los polifenoles en el sucedáneo de cebada.

Según el autor Gorjanović et al. (2017), el cual analizó ciertas variedades de café y sucedáneo de café a base de distintos cereales y productos, estableció que la comparación de la cebada tostada y molida el nivel de contenido de polifenoles totales, dio como resultado 6.60 ± 0.031 gGAE/L, valores mucho más altos a los cuales se encontró en esta investigación.

Según Torma et al., (2019), en otro estudio realizado a sucedáneos de café a base de achicoria, cebada y cafés de distinta variedad, realiza un análisis de polifenoles totales y actividad antioxidante donde el contenido de polifenoles fue de 13,2 mg GAE/100ml café, además concluye que el contenido de polifenoles totales y antioxidantes se debe a los compuestos generados por la reacción de Maillard los cuales empiezan a aparecer cuando las muestras son sometidas a temperaturas de 180°C a más.

Según Omwamba & Hu (2009) en un estudio realizado a la cebada tostada y molida, menciona que los compuestos fenólicos se encuentran en forma insoluble, en donde tratamientos térmicos simples convierte estos fenoles insolubles a solubles, es por ello que existe un aumento del contenido fenólico; en este estudio se aplicó diferentes temperaturas de aire caliente y distintos tiempos de tostado dio como resultado un promedio de contenido de polifenoles totales de 3,68 mg GAE/g, datos similares a los de esta investigación.

4.2.3.1. Análisis de resultados con investigaciones similares

Los resultados de esta investigación en cuanto a polifenoles y capacidad antioxidante fueron establecidos con unidades de TPC (mg GAE/g) y ABTS ($\mu\text{mol TE/L}$) respectivamente; sin embargo, al buscar bibliografía similar en diferentes bases de datos, con la cual podamos contrastar dichos resultados, se procedió a transformar nuestras unidades a TPC(mgGAE/L) y ABTS ($\mu\text{mol TE/L}$) de acuerdo a la Ecuación 1 y Ecuación 3. En donde se desarrolla la siguiente Tabla 33.

Tabla 33. Análisis comparativo de resultados con documentos científicos.

Fuente	Muestra	TPC (mg GAE/g)	TPC (mg GAE/L café)	ABTS (umol trolox /g)	ABTS (μmol trolox/L café)
(Torma et al., 2019)	Cebada Tostada		132,2		9910
(Gorjanović et al., 2017)	Cebada Tostada		660,0		29360
(Tarawneh et al., 2021)	Cebada Tostada				289,11
(Mareček et al., 2017)	Cebada Tostada	2,55			
(Chen et al., 2019)	Malta				2500- 12500
(Omwamba & Hu, 2009)	Cebada Tostada	3,68			
(Komes & Bušić, 2015)	Cebada tostada				4010,1
Autor	Cebada Tostada	5,78	63,39	63,67	7640,1

Fuente: Autor

Con la tabla comparativa expuesta, se puede decir que, en cuanto a polifenoles totales en sucedáneos de café a base de cebada tostada, los datos son similares a los de otros autores. En cuanto a actividad antioxidante algunas investigaciones

obtuvieron datos inferiores a los de esta investigación. Lo cual quiere decir que dichos resultados pueden verse afectados por distintos factores; pues cada investigación procedió a obtener el sucedáneo de café utilizando distintas temperaturas y tiempos de tostado, además se utilizó distintas variedades de cebada y distintos mecanismos de tostado.

4.3. ANÁLISIS DE ACEPTACIÓN SENSORIAL

Durante la investigación se llevó a cabo la evaluación sensorial mediante una prueba afectiva- Prueba de ordenación en donde se especifica la preferencia y aceptación por parte del panel degustador. Dicho panel estuvo conformado por 50 participantes no entrenados, provenientes de distintos lugares del país, pues esta prueba se realizó en las ferias de Zuleta, perteneciente al Cantón Ibarra, Provincia de Imbabura.

A continuación, se presenta en análisis estadístico de Friedman como se muestra en la siguiente Tabla 34, donde se tomaron en cuenta factores como color, aroma y sabor.

Tabla 34. Prueba de Friedman para Variables de Aceptabilidad Sensorial

Variable	X ²	X ² Tabular	
	Calculada	0,05	0,01
Color	93,288	7,81	11,3
Aroma	28,896	7,81	11,3
Sabor	39,156	7,81	11,3
Aceptación final	58,709	7,81	11,3

Nota: X²: Estadístico de prueba.

4.3.1. COLOR

El color en un alimento y otros aspectos que tengan que ver con su apariencia dan la primera impresión al panelista y ayudan al consumidor a decidir sobre su aceptación o su rechazo (Surco & Alvarado, 2011).

Tomando en cuenta las escalas de ordenación (1-4), siendo la escala 1 como la mejor puntuada, podemos concluir que los panelistas optaron por el T4 como el mejor tratamiento en cuanto a la variable de color, seguido por el T2 y T3; mientras que el T1 tiene menos preferencia en cuanto a este atributo, como se observa en la Figura 21. Pues la mayoría de los panelistas optan por una tonalidad más oscura en cuanto a la bebida considerada sucedáneo de cebada.

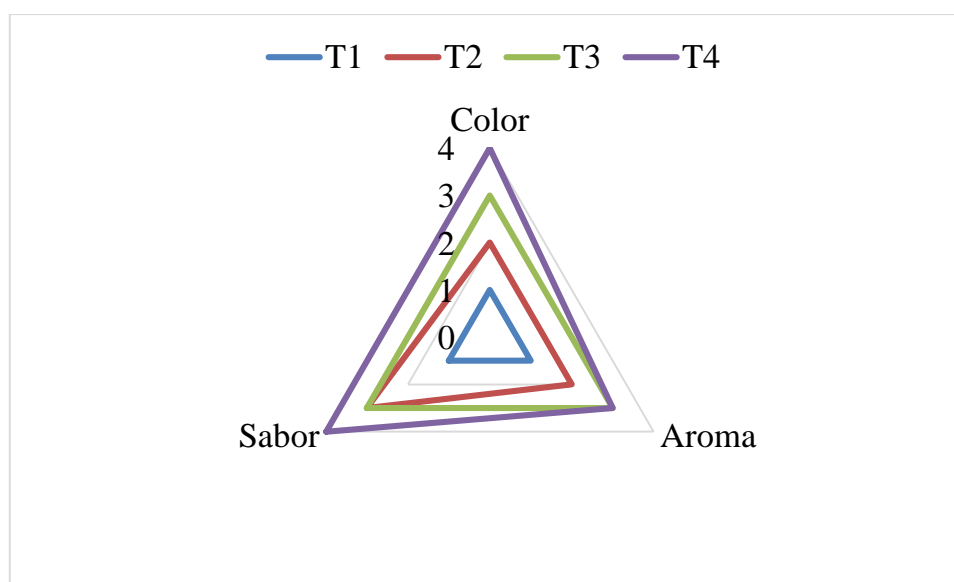


Figura 21. Puntuaciones del análisis sensorial de sucedáneo de café.

4.3.2. OLOR Y AROMA

Los atributos que se perciben con el sentido del olfato son el olor y el aroma, el primer atributo tiene que ver con el producido por los alimentos por la volatilización de sustancias que se esparcen por el aire llegando hasta la nariz y el segundo consiste en la percepción de sustancias aromáticas de un alimento después de colocarlo en la boca (UPAEP, 2014).

En la misma Figura 21 se detalla que tomando en cuenta las escalas de ordenación (1-4), siendo la escala 1 como la mejor puntuada, podemos decir que, los panelistas optaron por el T4 y T3 como los mejores tratamientos cuanto a la variable de olor

y aroma, seguido por el T2 y T1, los cuales tuvieron menos preferencia en cuanto a este atributo. Pues la mayoría de los panelistas no entrenados optaron por un olor más fuerte en esta bebida.

4.3.3. SABOR

El sentido del gusto hace referencia a los sabores en los alimentos. Este atributo hace referencia a la combinación de tres propiedades: olor, aroma y gusto. Cuando un individuo o catador se encuentra resfriado no puede percibir olores ni sabores, es por esto que cuando se realice una evaluación sensorial de sabor, no sólo se debe tenerse en cuenta que la lengua del panelista este en perfectas condiciones sino además que no tenga problemas con la nariz y con la garganta (UPAEP, 2014).

Tomando en cuenta las escalas de ordenación (1-4), siendo la escala 1 como la mejor puntuada y la 4 la de menos preferencia, presentada la Figura 22 podemos inferir que los panelistas optaron por el T41 como el mejor tratamiento en cuanto a la variable sabor, seguido por el T2 y T3 que presentan una igualdad estadística, pues sus medianas son iguales, T1 es el tratamiento que menos aceptación tiene.

4.3.4. ACEPTACIÓN FINAL

Otro concepto que se le da a la evaluación sensorial es el de la caracterización y análisis de aceptación o rechazo de un alimento por parte del catador o consumidor, de acuerdo a las sensaciones experimentadas desde el mismo momento que lo observa y después que lo consume. Es necesario tener en cuenta que esas percepciones dependen del individuo, del espacio y del tiempo principalmente (UPAEP, 2014).

En cuanto a la aceptación final del producto, el panel degustador optó por elegir como mejor opción al T4 (Tiempo:29min y Temperatura de 210°C), seguido del T2 (Tiempo:29min y Temperatura de 190°C) y T3(Tiempo: 24min y Temperatura de 210°C) y el tratamiento menos elegido por el panel fue el T1 (Tiempo:24min y Temperatura de 190°C) según como se puede observar en la siguiente Figura 22.

En estudios realizados a sucedáneos de haba, se dice que el color, aroma y sabor, son atributos muy importantes que influyen en la aceptación sensorial, identificando variables entre productos, detección de defectos y anomalías. En el sucedáneo de haba el color es un determinante en la aceptación, pues este deberá tener un color parecido al café convencional (Yulieth P et al., 2016).

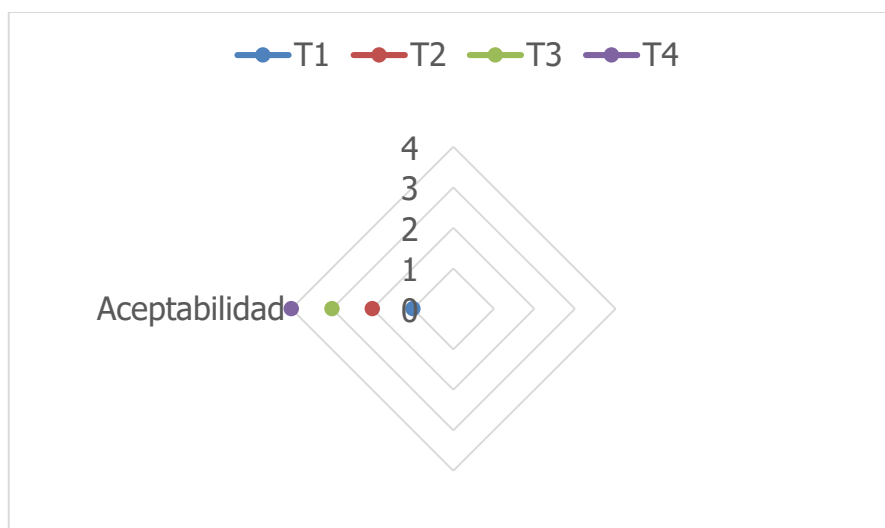


Figura 22 Análisis sensorial de sucedáneo de café a base de cebada

En esta Figura 25 se puede observar el comportamiento de la opinión de los panelistas, en donde en casi todas las variables el mejor fue el T4 excepto en el atributo de aroma, pues este resultó ser igual que el T3 con respecto aroma; sin embargo, en el análisis de aceptación final del producto el mejor tratamiento fue T4, los participantes concluyeron que dicho tratamiento se asemeja a los atributos de un café convencional.

Según (Schlörmann et al., 2019), en la evaluación sensorial las puntuaciones aumentaron para todas las características junto con el aumento de las temperaturas de tostado, esto debido a que mientras tenga un tueste más intenso, se generan aromas y sabores más apreciables para las personas. De la misma manera, el mejor tratamiento en todas las variables evaluadas fue el tratamiento al cual se le aplicó mayor tratamiento térmico (210°C) durante un largo tiempo (29min).

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- a) El análisis fisicoquímico de la materia prima permitió conocer el contenido de impurezas y humedad de acuerdo a la NTE INEN 1559-2004, en donde dichas muestras se encuentran dentro del límite máximo permitido; además, según varios estudios la cantidad de polifenoles totales y actividad antioxidante en la variedad INIAP Cañicapa 2003, es mayor con relación a las demás variedades de cebada.
- b) Los parámetros de tostado tuvieron efectos significativos sobre la calidad del sucedáneo del café, donde los incrementos de la temperatura y tiempo en el proceso, determinaron incrementos de la actividad antioxidante.
- c) Mediante la evaluación sensorial se logró conocer los mejores tratamientos a la apreciación del panel degustador fueron aquellos sometidos a temperaturas altas y tiempos largos de tostado, donde en varios atributos el mejor tratamiento fue el T4, al igual que en la evaluación de aceptación final, pues según el panel este tratamiento se asemeja a cualidades del café convencional.

5.2. RECOMENDACIONES

- a) Una vez cumplido con los objetivos de esta investigación se sugiere que, en futuras investigaciones de sucedáneos de café, se analice otras variables como actividad de agua, colorimetría, contenido de flavonoides, melanoidinas y proantocianidinas.
- b) Es necesario realizar un análisis de contenido de acrilamida en sucedáneos de café a base de cebada, debido a que existen estudios que han demostrado que este producto posee un nivel considerable de acrilamida al someterlas a un tiempo y temperatura de tostado mayor a 120°C.
- c) Evaluar la actividad antioxidante y polifenoles en sucedáneos de café en otras variedades de cebada cultivadas en la región andina.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdel-Haleem, A. M. H., & Abdel-Aty, M. M. (2021). The relationship between varieties and acrylamide formation in roasted barley. *Egyptian Journal of Chemistry*, 64(9), 5365–5382.
<https://doi.org/10.21608/ejchem.2021.82852.4080>
- Belokurova, E., Pankina, I., Sevastyanova, A., Asfondyarova, I., & Katkova, N. (2020). *The influence of barley weed impurities on the microbiological quality indicators*. 72, 1–5.
- Chen, Y., Huang, J., Hu, J., Yan, R., & Ma, X. (2019). Comparative study on the phytochemical profiles and cellular antioxidant activity of phenolics extracted from barley malts processed under different roasting temperatures. *Food and Function*, 10(4), 2176–2185. <https://doi.org/10.1039/c9fo00168a>
- Espinosa, K. (2018). *El país produce más cebada y cada vez mejor cerveza | Gestión*. <https://revistagestion.ec/index.php/economia-y-finanzas-analisis/el-pais-produce-mas-cebada-y-cada-vez-mejor-cerveza>
- FAO. (2019, October 15). *Más allá del hambre y la pobreza rural, un proyecto de vida en el campo*. <https://www.fao.org/ecuador/noticias/detail-events/ru/c/1238716/>
- FAO. (2022). *No Title*. Situación Alimentaria Mundial. <https://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/es/>
- Ferminia Marroig, A. (2019). *CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL CAFÉ OBTENIDO A PARTIR DE HIGO (Ficus carica). FIBRA ALIMENTARIA Y ANTIOXIDANTES*.
- Gorjanović, S., Komes, D., Laličić-Petronijević, J., Pastor, F. T., Belščak-Cvitanović, A., Veljović, M., Pezo, L., & Sužnjević, D. (2017). Antioxidant efficiency of polyphenols from coffee and coffee substitutes-electrochemical versus spectrophotometric approach. *Journal of Food Science and Technology*, 54(8), 2324–2331. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2672-y>
- Guoping, Z., & Chengdao, L. (2014). *Advanced Topics in Science and*

Technology in China Advanced Topics (G. Zhang, Zhejiang University, Department of Agronomy, 268 Kaixuan Road, & C. Hangzhou, 310029 (eds.)). Springer.

Huang, M., & Zhang, M. (2013). Tea and coffee powders. In *Handbook of Food Powders: Processes and Properties* (pp. 513–531). Woodhead Publishing Limited. <https://doi.org/10.1533/9780857098672.3.513>

Justyna, G., & Kawa-rygielska, J. (2020). *Perfil de Hidratos de Carbono , Contenido de Polifenoles y Propiedades antioxidantes de mostos de cerveza producidos con diferentes variedades de maltas oscuras o tostados Granos de cebada*. <https://doi.org/10.3390/mol>

Komes, D., & Bušić, A. (2015). *Antioxidative potential of different coffee substitute brews affected by milk addition*. <https://doi.org/10.1007/s00217-015-2440-z>

Mareček, V., Mikyška, A., Hampel, D., Čejka, P., Neuwirthová, J., Malachová, A., & Cerkal, R. (2017). ABTS and DPPH methods as a tool for studying antioxidant capacity of spring barley and malt. *Journal of Cereal Science*, 73, 40–45. <https://doi.org/10.1016/J.JCS.2016.11.004>

Mizukami, Y., Yoshida, M., & Ono, H. (2016). Acrylamide elution from roasted barley grains into mugicha and its formation during roasting. *Food Additives and Contaminants - Part A Chemistry, Analysis, Control, Exposure and Risk Assessment*, 33(2), 225–235. <https://doi.org/10.1080/19440049.2015.1128567>

NTE 2346. (2006). Instituto Ecuatoriano de Normalizacion. *Instituto Ecuatoriano de Normalización*, 21.

Omwamba, M., & Hu, Q. (2009). Antioxidant capacity and antioxidative compounds in barley (*hordeum vulgare* l.) grain optimized using response surface methodology in hot air roasting. *European Food Research and Technology*, 229(6), 907–914. <https://doi.org/10.1007/s00217-009-1128-7>

Otálora, M., & Rubio, Y. (2010). No Title. *Elaboración de Un Sucedáneo de Cafe*

(*Coffea Arabia L.*) a Base de Soya (*Glycine Max L.*), 141–156.

[https://www.yumpu.com/es/document/read/14807531/elaboracion-de-un-sucedaneo-de-cafe-revista-venezolana-de-](https://www.yumpu.com/es/document/read/14807531/elaboracion-de-un-sucedaneo-de-cafe-revista-venezolana-de)

Pintor, Y. (2022). *Descubre cómo usar la cebada tostada como reemplazo del café*. Mejor Con Salud. <https://mejorconsalud.as.com/cebada-tostada-reemplazo-del-cafe/>

Ramirez, T. (2010). Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito. *ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA ELABORACIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE CAFÉ DE HABA ORGÁNICO VITAMINIZADO CON CEREALES EN LA CIUDAD DE QUITO*, 1–100.

<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5081/1/UPS-CYT00109.pdf>

Roth, J. V. (2009). Prediction interval analysis is underutilized and can be more helpful than just confidence interval analysis. *Journal of Clinical Monitoring and Computing*, 23(3), 181–183. <https://doi.org/10.1007/s10877-009-9165-0>

Ruiz, A., & Urbina, L. (2015). Implementacion de controles de calidad para materia prima, producto en proceso y producto en empaque, en una industria harinera. *Universidad de San Carlos de Guatemala*, 108.

http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1050_Q.pdf

Samaras, T. S., Camburn, P. A., Chandra, S. X., Gordon, M. H., & Ames, Y. J. M. (2005). *Machine Translated by Google Propiedades antioxidantes de las maltas horneadas y tostadas Machine Translated by Google*. 44(0), 8068–8074.

Sánchez, A. M., Vayas, T., Mayorga, F., & Freire, C. (2019). Sector Cafetero Ecuatoriano: Panorama general. *Universidad Técnica de Ambato, Observator*, 1–4. <https://bit.ly/37xwJH6>

Sarabandi, K., Jafari, S. M., Mahoonak, A. S., & Mohammadi, A. (2019). Application of gum Arabic and maltodextrin for encapsulation of eggplant peel extract as a natural antioxidant and color source. *International Journal of Biological Macromolecules*, 140, 59–68. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.08.133>

- Schenker, S., & Rothgeb, T. (2017). The Roast-Creating the Beans' Signature. *The Craft and Science of Coffee*, 245–271. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803520-7.00011-6>
- Schlörmann, W., Zetzmann, S., Wiege, B., Haase, N. U., Greiling, A., Lorkowski, S., Dawczynski, C., & Gleis, M. (2019). Impact of different roasting conditions on chemical composition, sensory quality and physicochemical properties of waxy-barley products. *Food and Function*, 10(9), 5436–5445. <https://doi.org/10.1039/c9fo01429b>
- Serna, S. (2016). *Cereal grains laboratory reference and procedures manual*.
- Tarawneh, M., Al-Jaafreh, A. M., Al-Dal'in, H., Qaralleh, H., Alqaraleh, M., & Khataibeh, M. (2021). Roasted date and barley beans as an alternative's coffee drink: micronutrient and caffeine composition, antibacterial and antioxidant activities. *Systematic Reviews in Pharmacy*, 12(1), 1079–1083.
- Tishaninov, N. P., Anashkin, A. V., & Alshinayyin, H. J. (2021). *Studies of the angle of natural slope of grain mix components. May 2020*.
- Tolun, A., Altintas, Z., & Artik, N. (2016). Microencapsulation of grape polyphenols using maltodextrin and gum arabic as two alternative coating materials: Development and characterization. *Journal of Biotechnology*, 239, 23–33. <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2016.10.001>
- Torma, A., Orbán, C. S., Bodor, Z. S., & Benedek, C. S. (2019). Evaluation of sensory and antioxidant properties of commercial coffee substitutes. *Acta Alimentaria*, 48(3), 297–305. <https://doi.org/10.1556/066.2019.48.3.3>
- Villegas-Santiago, J., Gómez-Navarro, F., Domínguez-Niño, A., García-Alvarado, M., Salgado-Cervantes, M., & Luna-Solano, G. (2019). Effect of spray-drying conditions on moisture content and particle size of coffee extract in a prototype dryer. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 19(2), 767–780. <https://doi.org/https://doi.org/10.24275/rmiq/Proc767>
- Wongsa, P., Khampa, N., Horadee, S., Chaiwarith, J., & Rattanapanone, N. (2019). Quality and bioactive compounds of blends of Arabica and Robusta

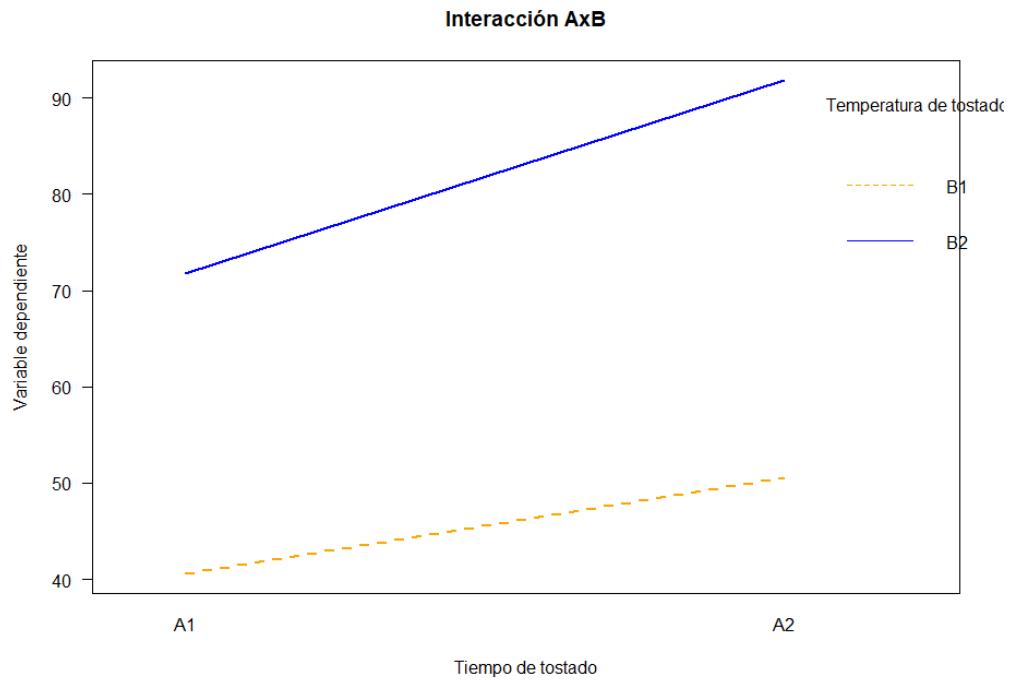
spray-dried coffee. *Food Chemistry*, 283(May 2018), 579–587.

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.088>

Yulieth P, G. B., Luz A, C. P., & Yohanna, M. O. (2016). @LIMENTECH
*CIENCIA Y TECNOLOGÍA ALIMENTARIA EVALUATION OF COLOR IN
THE ROASTING.OF HABA (Vicia faba).*

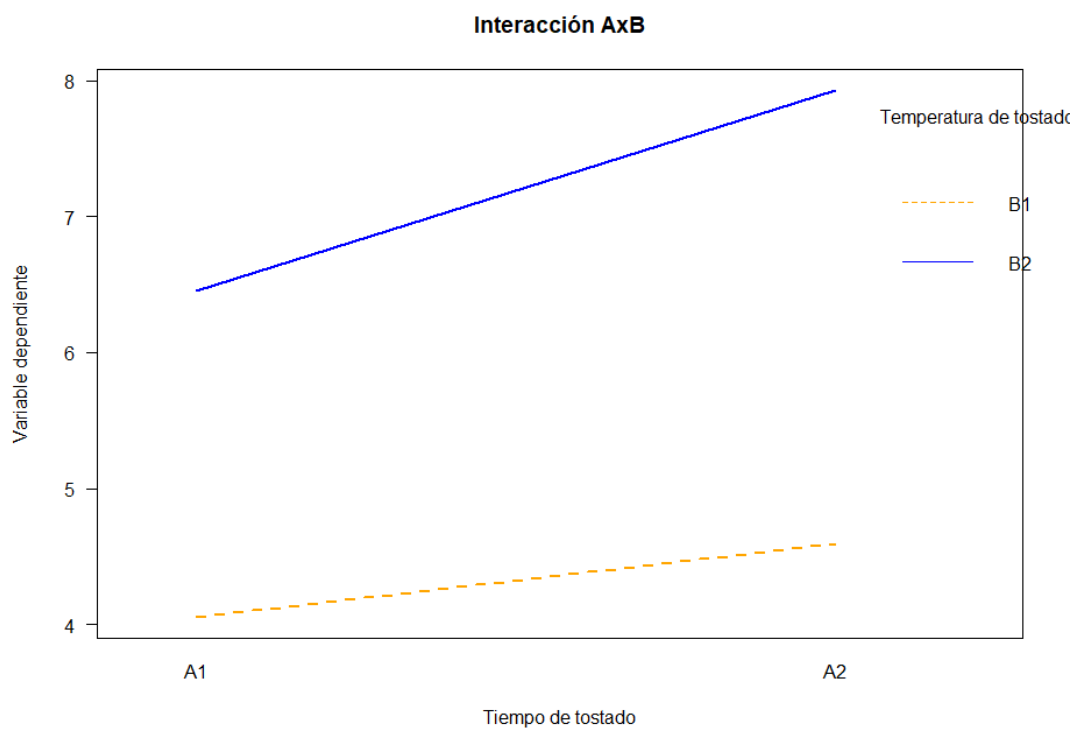
ANEXOS

Anexo 1. Influencia de los Factores de Estudio en el Contenido de Actividad Antioxidante.



En esta figura se muestra que existe una no interacción entre los factores, es por ello que las líneas no se cruzan.

Anexo 2. Influencia de los Factores de Estudio en el Contenido de Polifenoles Totales



En esta figura me muestras la interacción que existe en los dos Factores evaluados A (Tiempos) y B (Temperatura).

Anexo 3. NTE INEN 1114. Determinación de Humedad por Calentamiento en Café Soluble.

<p>Norma Técnica Ecuatoriana</p>	<p align="center">CAFÉ TOSTADO MOLIDO. DETERMINACIÓN DE PERDIDA POR CALENTAMIENTO</p>	<p align="center">INEN 1 114 1984-04</p>
<p align="center">1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma establece el método para determinar el contenido de humedad y otras materias volátiles, por calentamiento a $100 \pm 2^\circ\text{C}$ (pérdida por calentamiento), en el café soluble.</p> <p align="center">2. TERMINOLOGIA</p> <p>2.1 Pérdida por calentamiento. En el café soluble y para efectos de esta norma, es la pérdida de una determinada cantidad de masa, dentro de las condiciones del presente método descrito.</p> <p align="center">3. RESUMEN</p> <p>3.1 El método se basa en calentar el café soluble a $100^\circ \pm 2^\circ\text{C}$, en dos periodos de calentamiento, y pesar.</p> <p align="center">4. INSTRUMENTAL</p> <p>4.1 Estufa, con regulador de temperatura, ajustada a $100^\circ \pm 2^\circ\text{C}$.</p> <p>4.2 Desecador, con cloruro de calcio u otro deshidratante adecuado.</p> <p>4.3 Cápsula de platino, o de otro material inalterable a las condiciones del ensayo, de fondo plano, con diámetro de 85 mm y altura de 25 mm.</p> <p>4.4 Balanza analítica. Sensible al 0,1 mg.</p> <p align="center">5. PREPARACION DE LA MUESTRA</p> <p>5.1 Se homogeniza la muestra, invirtiendo varias veces el recipiente que lo contiene.</p> <p>5.2 La cantidad de muestra de café soluble, extraída dentro de un lote determinado, deberá ser representativa y no deberá exponerse al aire mucho tiempo.</p> <p>5.3 El material que se use para este ensayo deberá estar completamente limpio y seco.</p> <p align="right">(Continúa)</p>		

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Casilla 1701 -0909 - Baquerizo Moreno (E)-09 y Almagro - Quito-Ecuador - Prohibida la reproducción

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	GRANOS Y CEREALES. CEBADA. CLASIFICACIÓN.	NTE INEN 2 358:2004 2004-03
<p style="text-align: center;">1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma describe el método de ensayo para determinar la clasificación del grano de cebada.</p> <p style="text-align: center;">2. MÉTODO DE ENSAYO</p> <p>2.1 Método analítico 3.11 de la EBC*</p> <p>2.1.1 Resumen</p> <p>2.1.1.1 Una muestra de grano de cebada se diferencia sobre los tamaños de granos en una máquina agitadora provista con tres tamices con agujeros de diferentes anchos.</p> <p>2.1.2 Equipo</p> <p>2.1.2.1 Clasificador según EBC.</p> <p>El equipo eléctrico consta de tres tamices (colocados uno sobre otro, separados por 12 mm - 25 mm); al igual que un plato recolector y una tapa separable. Los tamices son 430 mm de largo y 150 mm de ancho. Para su elaboración se utiliza chapa de latón endurecido de 1,3 mm \pm 0,1 mm de resistencia. Las ranuras tienen que ser fresadas con una exactitud de \pm 0,03 mm. El largo de las ranuras es de 25 mm en la parte superior y de 22 mm en la parte inferior. El tamiz I tiene ranuras de 2,8 mm, el tamiz II tiene ranuras de 2,5 mm y el tamiz III de 2,2 mm de ancho. La cantidad de ranuras en el tamiz I es de 28 x 13, en tamiz II de 30 x 13 y en el tamiz III de 32 x 13. El borde sin ranuras del tamiz es de 4 mm - 6 mm de ancho. La velocidad de agitación es de 300 - 320 movimientos de valvén por minuto, la amplitud del movimiento es de 18 mm - 22 mm. Los tamices se tienen que mover exactamente en forma horizontal. Las distancias de la ranuras tienen que ser constantemente medidas.</p> <p>2.1.2.2 Balanza, exactitud 0,01 g.</p> <p>2.1.2.3 Tamices clasificadores para grano de cebada.</p> <p>2.1.3 Procedimiento</p> <p>2.1.3.1 Tomar 120 g de granos de cebada.</p> <p>2.1.3.2 Pesar 100 g \pm 0,01 g de granos de cebada y colocar sobre el tamiz superior, cerrar bien la tapa.</p> <p>2.1.3.3 Agitar por 5 min.</p> <p>2.1.3.4 Separar de cada tamiz los granos partidos, granos dañados e impurezas y adicionarlos a la bandeja del fondo.</p> <p>2.1.3.5 Pesar la cebada de cada tamiz, así como la del fondo.</p> <p>2.1.4 Cálculo</p> <p style="text-align: right;">(Continúa)</p> <hr/> <p>DESCRPTORES: Alimentos, cereales, granos, cebada, ensayos, clasificación.</p>		

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Calle 17-01-3999 - Baquerizo Moreno III-39 y Almagro - Quito-Ecuador - Prohibida la reproducción



Norma Técnica Ecuatoriana	GRANOS Y CEREALES. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD. (MÉTODO DE RUTINA)	INEN 1 235 1987-01
<p style="text-align: center;">1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma establece el método de rutina para la determinación del contenido de humedad en granos y cereales.</p> <p style="text-align: center;">2. ALCANCE</p> <p>2.1 Este método se aplica a los productos siguientes: trigo, arroz, cebada, mijo, granos de avena, granos molidos, semolina y/o harina de trigo.</p> <p>2.2 Este método no es aplicable al maíz en grano.</p> <p style="text-align: center;">3. DEFINICION</p> <p>3.1 Humedad en granos y cereales. Es la cantidad de agua contenida en una masa de granos y se expresa en porcentaje.</p> <p style="text-align: center;">4. APARATOS</p> <p>4.1 Balanza analítica. Sensible al 0,1 mg</p> <p>4.2 Aparato para reducir la presión entre 1,3 a 2,6 kPa (13 a 26 mba o sea 10 a 20 mm Hg), por ejemplo, una bomba de agua.</p> <p>4.3 Molino. Construido de un material que no absorba humedad, fácil de limpiar y que presenta el menor espacio muerto posible. Debe permitir una trituration uniforme sin provocar calentamiento sensible, que evite al máximo el contacto con el aire exterior y que sea regulable para que pueda obtenerse el tamaño de partícula deseado.</p> <p>4.4 Tamices de ensayo. No. 12 (1,70 mm), No. 18 (1,00 mm) y No. 35 (0,5 mm) o (500 um) Norma INEN 1 515.</p> <p>4.5 Cápsula de metal. No comestible o de vidrio, provisto de tapa que ajuste bien y cuya superficie útil permita repartir la muestra a razón de 0,3 g/cm² como máximo.</p> <p style="text-align: right;">(Continúa)</p>		

Anexo 6. Evaluación sensorial.

HOJA DE EVALUACIÓN SENSORIAL

“EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS DEL PROCESO DE TOSTADO DE CEBADA VARIEDAD INIAP-CAÑICAPA 2003 (*Hordeum vulgare*), SOBRE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN UNA BEBIDA, CONSIDERADA SUCEDÁNEO DE CAFÉ”

INSTRUCCIONES:

- Para la apreciación de cada una de las muestras, tómese el tiempo necesario.
- Analice detalladamente cada una de las características a evaluarse (color, aroma, sabor y aceptación final).
- Tener en cuenta la codificación de la cada una de las muestras.
- Beber agua al terminar de evaluar cada muestra, para que no exista combinación con muestras anteriores.
- Para la puntuación marque con una “X” en el recuadro correspondiente a cada muestra anteriormente degustada.
- Su sinceridad es muy importante, hágalo con total honestidad.

A) PRUEBA DISCRIMINATIVA

Prueba de escala de control

Frente a usted existe cuatro muestras codificadas de “sucedáneo de café de cebada)”, las cuales debe probar una a la vez y marcar con una X sobre cada muestra.

1. COLOR

Escala	Muestra			
	T1	T2	T3	T4
Me gusta muchísimo				
Me gusta mucho				
Me gusta moderadamente				
Me gusta un poco				
Me gusta muy poco				
Me es indiferente				
Me disgusta un poco				
Me disgusta moderadamente				
Me disgusta mucho				
Me disgusta muchísimo				

2. AROMA

Escala	Muestra			
	T1	T2	T3	T4
Me gusta muchísimo				
Me gusta mucho				
Me gusta moderadamente				
Me gusta un poco				
Me gusta muy poco				
Me es indiferente				

Me disgusta un poco				
Me disgusta moderadamente				
Me disgusta mucho				
Me disgusta muchísimo				

3. SABOR

Escala	Muestra			
	T1	T2	T3	T4
Me gusta muchísimo				
Me gusta mucho				
Me gusta moderadamente				
Me gusta un poco				
Me gusta muy poco				
Me es indiferente				
Me disgusta un poco				
Me disgusta moderadamente				
Me disgusta mucho				
Me disgusta muchísimo				

B) PRUEBA AFECTIVA

Prueba de aceptación

Frente a usted están 4 muestras de sucedáneo de café, pruébelas una a una y seleccione la muestra que usted prefiera.

Escala	Muestra			
	T1	T2	T3	T4
Me gustaría muchísimo comprarlo				
Me gustaría mucho comprarlo				
Me gustaría comprarlo				

Me es indiferente comprarlo				
Me disgustaría comprarlo				
Me disgustaría mucho comprarlo				
Me disgustaría muchísimo comprarlo				

Comentarios:

Muchas gracias por su aporte

PROCESO DE LA METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN



Recepcion materia prima



Selección



Tostado



Enfriado



Desgasificado



Molienda



Tamizado

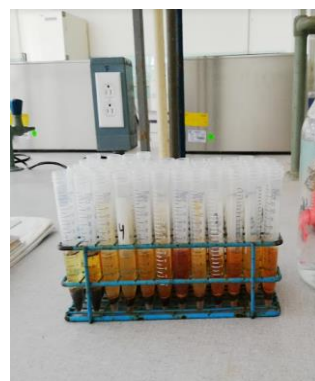
ANÁLISIS FÍSICOS-QUÍMICOS Y SENSORIALES



Humedad



Impurezas



Polifenoles



Actividad antioxidante



Evaluación Sensorial