



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

**Proyecto de investigación previo
a la obtención del título de
Ingeniero Agroindustrial**

Título del proyecto de investigación:
**“EFECTO DE LA IMPREGNACIÓN DE CÚRCUMA (*cúrcuma longa*)
Y JENGIBRE (*zingiber officinale*) SOBRE EL COLOR DE UN SNACK
DE PLÁTANO VERDE (*musa paradisiaca*)”.**

Autores:
Bastidas Zambrano Ricardo Jahir
Toala Mendoza Alexis Heriberto

Director de proyecto de investigación:
Dr. Luis Alberto Egas Astudillo PhD.

Quevedo – Los Ríos – Ecuador

2022



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Bastidas Zambrano Ricardo Jahir**, declaro que la investigación aquí descrita es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este documento, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Bastidas Zambrano Ricardo Jahir

CI. 0503938003



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Toala Mendoza Alexis Heriberto**, declaro que la investigación aquí descrita es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este documento, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Toala Mendoza Alexis Heriberto

CI. 1205351867



CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito, **Dr. Luis Alberto Egas Astudillo. PhD**; docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que los estudiantes, **Bastidas Zambrano Ricardo Jahir, Toala Mendoza Alexis Heriberto** realizaron el Proyecto de Investigación de grado titulado **“Efecto de la impregnación de cúrcuma (*cúrcuma longa*) y jengibre (*zingiber officinale*) sobre el color de un snack de plátano verde (*musa paradisiaca*)”**, previo a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Ing. Luis Alberto Egas Astudillo, PhD.
DIRECTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

El Suscrito Ing. Luis Alberto Egas Astudillo, PhD., mediante el presente cumpla en presentar a usted, el informe de proyecto de investigación cuyo tema es titulado **“Efecto de la impregnación de cúrcuma (*cúrcuma longa*) y jengibre (*zingiber officinale*) sobre el color de un snack de plátano verde (*musa paradisiaca*)”**. Presentado por los estudiantes Ricardo Jahir Bastidas Zambrano y Alexis Heriberto Toala Mendoza, egresados de la carrera de Ingeniería Agroindustrial, que fue revisado bajo mi dirección según resolución del Consejo Académico de Facultad de Ciencias de la Ingeniería que ha desarrollado de acuerdo al Reglamento de la Unidad de Titulación Especial de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo y cumple con el requerimiento de análisis de URKUND el cual avala los niveles de originalidad en un 94% y similitud 7%, del trabajo investigativo.

Valido este documento para que la estudiante siga con los trámites pertinentes, de acuerdo con lo que establece el Reglamento.

Nota: adjunto informe URKUND



Documento:	Tesis “EFECTO DE LA IMPREGNACIÓN DE CÚRCUMA (<i>cúrcuma longa</i>) Y JENGIBRE (<i>zingiber officinale</i>) SOBRE EL COLOR DE UN SNACK DE PLÁTANO VERDE (<i>musa paradisiaca</i>)”.
Presentado:	23/11/2022 4:56:00
Presentado por:	Luis Alberto Egas Astudillo (legasa@uteq.edu.ec)
Recibido:	legasa.uteq@analysis.urkund.com
Mensaje:	Alrededor de 7% de este documento se compone de texto más o menos similar al contenido de 110 fuente(s), contiene 214 palabras y tiene un índice de similitud de 94% con su principal fuente.

Por su atención deseo significar mis agradecimientos.

Cordialmente,

Ing. Luis Alberto Egas Astudillo, PhD.

DIRECTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

Título:

“Efecto de la impregnación de cúrcuma (*cúrcuma longa*) y jengibre (*zingiber officinale*) sobre el color de un snack de plátano verde (*musa paradisiaca*)”.

Presentado a la Comisión Académica como requerimiento antecedente a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial.

Aprobado por:

Ing. Loguard Rojas Uribe Msc.
Presidente del tribunal de tesis

Ing. Denisse Zambrano Muñoz Mcs.
Miembro del tribunal de tesis

Ing. Jose Villarruel Bastidas Msc.
Miembro del tribunal de tesis

Quevedo – Los Ríos – Ecuador

2022

AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento especial para todas aquellas personas que han estado en el proceso, quienes con una palabra de aliento me han motivado para cumplir con el objetivo, al Ing.

Luis Alberto Egas Astudillo, PhD. por su oportuna dirección.

Alexis Toala

Gracias a Dios, mis padres los cuales dando su mejor esfuerzo hicieron todo lo posible para que este día fuera posible sin importar las circunstancias, nunca perdieron la confianza en mi demostrándome que puedo ser capaz de cualquier cosa si me lo propongo, a mi esposa quien siempre confió en mí y me acompañó hasta en los peores momentos apoyándome y brindándome sus consejos, a mis familiares y docentes de la institución quienes confiaron en mí y me han brindado su apoyo y en especial Ing. Luis Alberto Egas Astudillo, PhD. quien con sus conocimientos y experiencia permitió la consecución del proyecto.

Ricardo Bastidas

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres y hermanos que me apoyaron durante el proceso gracias por enseñarme a afrontar las dificultades sin perder nunca la cabeza ni morir en el intento.

Alexis Toala

A mis padres quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy una meta más.

Ricardo Bastidas

RESUMEN

La industria alimentaria ecuatoriana ha crecido notablemente con la aparición del snack, se ha convertido en los productos de mayor consumo, hoy en día se puede encontrar diversos tipos, pero de ellos se resalta los chifles que son productos elaborados de plátano verde. Por tal razón se hace necesario estudiar el efecto de la impregnación de cúrcuma y jengibre sobre la coloración de snack de plátano verde (*musa paradisiaca*) “chifles”. Para ello, se plantea analizar la cinética de impregnación de cúrcuma y jengibre en plátano verde, de tal manera que se pueda evaluar la concentración que genere un cambio de color durante el periodo de almacenamiento, de tal manera que se pueda asegurar la calidad del snack al ser almacenado a dos condiciones de humedad relativa diferente, como también el mejor tipo de empaque. Obteniendo como resultados que favorables en cuanto a la capacidad del snack de mantener la coloración bajo condiciones controladas de almacenamiento, llegando a la conclusión mediante el análisis estadístico de los resultados que la cúrcuma fue la que se obtuvieron mejores resultados.

Palabras clave: Snack, Proceso, Concentración, Calidad

ABSTRACT

The Ecuadorian food industry has grown remarkably with the appearance of the snack, it has become the most widely consumed products, today you can find various types, but chifles, which are products made from green plantains, stand out. For this reason, it is necessary to study the effect of turmeric and ginger impregnation on the coloration of green plantain snack (*musa paradisiaca*) "chifles". For this, it is proposed to analyze the kinetics of turmeric and ginger impregnation in green plantain, in such a way that the concentration that generates a color change during the storage period can be evaluated, in such a way that the quality of the snack can be ensured. when stored at two different relative humidity conditions, as well as the best type of packaging. Obtaining favorable results in terms of the ability of the snack to maintain coloration under controlled storage conditions, reaching the conclusion through statistical analysis of the results that turmeric was the one that obtained the best results.

Keywords: Snack, Process, Concentration, Quality

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	ii
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN..	iv
CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO.....	v
CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	vi
AGRADECIMIENTO	vii
DEDICATORIA	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
CÓDIGO DUBLIN	xxiii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I	3
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.1. Problema de investigación.....	4
1.1.1. Planteamiento del problema.	4
Diagnóstico.....	4
Pronóstico.	5
1.1.2. Formulación del problema.....	5
1.1.3. Sistematización del problema.....	5
1.2. Objetivos.....	6
1.2.1. Objetivo General.....	6
1.2.2. Objetivos Específicos.	6
1.3. Justificación.....	6

CAPÍTULO II.....	9
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	9
2.2. Marco Conceptual.....	10
2.2.1. Contenido Teórico materias primas.....	10
2.2.1.1. Producción de verde en el Ecuador.	10
2.2.1.2. El plátano verde.....	10
2.2.1.3. Origen.....	11
2.2.1.4. Características.	12
2.2.1.5. Constitución de un plátano.....	12
2.2.1.6. Contenido interno de un plátano en corte transversal.	12
2.2.1.7. Variedades de plátano verde en Ecuador.	13
2.2.1.8. Taxonomía del plátano hartón.....	14
2.2.1.9. Clasificación del plátano de acuerdo a su tamaño.....	15
2.2.1.10. Composición del Plátano Hartón.	15
2.2.1.11. Valor nutricional del plátano verde (Harton).	16
2.2.1.12. Propiedades físicas del Plátano Hartón.	16
2.2.1.13. Minerales.....	17
2.2.1.14. Propiedades del plátano verde.....	18
2.2.2. Usos Agroindustriales del plátano verde.....	20
2.2.2.1. Rebanadas fritas (Chip`s).....	21
2.2.2.2. Patacones y Maduros.....	21
2.2.2.3. Harinas o cremas.	22
2.2.2.4. Snacks.....	22
2.2.2.5. Variedades de Snacks.....	23
2.2.3. Causas de deterioro del plátano verde.	23

2.2.4. Cúrcuma (<i>cúrcuma longa</i>).....	24
2.2.4.1. La cúrcuma (<i>cúrcuma longa</i>) como colorante natural.	25
2.2.4.2. Beneficios de la Cúrcuma (<i>cúrcuma longa</i>).....	26
2.2.5. Jengibre.....	26
2.2.5.1. Composición nutricional.	27
2.2.5.2. Valor funcional.....	28
2.2.6. Antioxidantes.....	28
2.2.7. Snacks.....	30
2.2.7.1. Variedades de Snacks.....	30
2.2.7.2. Procedimiento de elaboración de un snack a base de plátano verde.	31
2.2.8. Cinética de deshidratación.....	32
2.2.9. Proceso de salado de snack.....	32
2.2.9.1. Deterioro que se produce en los snacks.	32
2.2.9.2. Deterioro físico.....	33
2.2.9.3. Deterioro químico.	33
2.2.9.4. Oxidación de lípidos.....	33
2.2.9.5. Degradación enzimática.	34
2.2.9.6. Pardeamiento no enzimático.	34
2.2.9.7. Otras reacciones	35
2.2.10. Color espacio Ciel*a*b*.	35
2.2.11. Impregnación al vacío.	36
2.2.12. Cinética.....	36
2.2.13. Análisis sensorial.....	37
2.2.14. Marco referencial.	38
CAPÍTULO III	39

MÉTODOLÓGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	39
3.1. Localización.....	40
3.2. Tipo de investigación.	40
3.2.1. Investigación Exploratoria.....	41
3.2.2. Investigación Descriptiva.	41
3.2.3. Investigación experimental.....	41
3.3. Método de Investigación.	41
3.3.1. Materia prima.	41
3.3.2. Descripción del proceso de elaboración de chifle.	42
3.3.2.1. Descripción del proceso de impregnación.	42
3.3.2.2. Metodología de impregnación a vacío.	43
3.3.2.3. Evaluación de las diferencias de color, textura y sabor en condiciones de almacenamiento acelerado controlando la humedad relativa y tiempo de almacenamiento.	45
3.3.2.4. Determinación de los cambios en la textura.....	48
3.4. Recursos humanos y materiales.....	48
3.4.1. Recursos humanos.	48
3.4.2. Recursos materiales.	48
CAPÍTULO IV	50
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	50
4.1. Cinética de impregnación a vacío.....	51
CAPÍTULO V	72
CONCLUSIONES RECOMENDACIONES	72
CAPÍTULO VI	75
BIBLIOGRAFÍA	75
CAPÍTULO VII.....	84

ANEXOS.....	84
-------------	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Taxonomía del plátano verde (Harton).....	14
Tabla 2 Clasificación del plátano de acuerdo a su tamaño.....	15
Tabla 3 Valor nutricional del plátano verde	16
Tabla 4 Variedad, peso, longitud, diámetro, cáscara.....	17
Tabla 5 Composición mineral	18
Tabla 6 Composición química de la Cúrcuma longa.....	24
Tabla 7 Composición nutricional de Jengibre	27
Tabla 8 Condiciones meteorológicas de la Parroquia Patricia Pilar.....	40
Tabla 9 Esquema del análisis de varianza (DBCA) para las variables en estudio	44
Tabla 10 Descripción de los tratamientos en estudio para el proceso de impregnación	44
Tabla 11 Esquema del análisis de varianza (DBCA) para las variables en estudio	46
Tabla 12 Descripción de los tratamientos en estudio para el almacenamiento (cúrcuma)...	46
Tabla 13 Descripción de los tratamientos en estudio para el almacenamiento (jengibre) ...	47
Tabla 14 Recursos, insumos y equipos.....	49
Tabla 15 Valores medios y desviación estándar obtenidos, de la diferencia de peso (g) durante el proceso de impregnación a vacío de Jengibre en chifle.	51
Tabla 16 Valores de jengibre a diferentes concentraciones y agua Absorbido (g) por el chifle durante el proceso de impregnación a vacío.....	51
Tabla 17 Coeficientes y ajuste del modelo cinético de absorción de jengibre durante el proceso de impregnación a vacío.....	52
Tabla 18 Valores medios y desviación estándar obtenidos, de la diferencia de peso (g) durante el proceso de impregnación a vacío de Cúrcuma en chifle.	53
Tabla 19 Valores de Cúrcuma a diferentes concentraciones y agua Absorbido (g) por el chifle durante el proceso de impregnación a vacío.....	54
Tabla 20 Coeficientes y ajuste del modelo cinético de absorción de Cúrcuma durante el proceso de impregnación a vacío.....	54
Tabla 21 Valores medios y desviación estándar obtenidos, de la valoración de color durante el proceso de almacenado en condiciones aceleradas de humedad relativa (75% HRE)	56

Tabla 22 Valores medios y desviación estándar obtenidos, de la valoración de color durante los días de almacenado en condiciones aceleradas de humedad relativa (75% HRE)	59
Tabla 23 Valores medios y desviación estándar obtenidos, de la diferencia de peso (g) durante el proceso de impregnación a vacío de Jengibre en chifle.	95
Tabla 24 Coeficientes y ajuste del modelo cinético de absorción de Cúrcuma durante el proceso de impregnación a vacío.....	96
Tabla 25 Valores medios y desviación estándar obtenidos, de la diferencia de peso (g) durante el proceso de impregnación a vacío de Cúrcuma en chifle.	97
Tabla 26 Coeficientes y ajuste del modelo cinético de absorción de Cúrcuma durante el proceso de impregnación a vacío.....	98

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Modelo cinético de absorción de agua durante el proceso de impregnación a vacío.	52
Gráfico 2 Modelo cinético de absorción de jengibre durante el proceso de impregnación a vacío.	54
Gráfico 3 Variación de la L^* durante el almacenamiento acelerado (75% HRE) en los diferentes tratamientos de impregnación de Jengibre.	56
Gráfico 4 Variación de la H^* durante el almacenamiento acelerado (75% HRE) en los diferentes tratamientos de impregnación de Jengibre.	57
Gráfico 5 Variación de la C^* durante el almacenamiento acelerado (75% HRE) en los diferentes tratamientos de impregnación de Jengibre.	58
Gráfico 6 Variación de la L^* durante el almacenamiento acelerado (75% HRE) en los diferentes tratamientos de impregnación de cúrcuma	59
Gráfico 7 Variación de la H^* durante el almacenamiento acelerado (75% HRE) en los diferentes tratamientos de impregnación de cúrcuma.	60
Gráfico 8 Variación de la C^* durante el almacenamiento acelerado (75% HRE) en los diferentes tratamientos de impregnación de cúrcuma	61
Gráfico 9 Valores de diferencia de color entre tratamientos impregnados con jengibre a condicione de almacenamiento de (75% HRE).....	62
Gráfico 10 Valores de diferencia de color entre tratamientos impregnados con Curcuma a condicione de almacenamiento de (75% HRE).....	63
Gráfico 11 Valores de diferencia de color entre tratamientos impregnados con jengibre a condicione de almacenamiento de (85% HRE).....	64
Gráfico 12 Valores de diferencia de color entre tratamientos impregnados con Cúrcuma a condicione de almacenamiento de (85% HRE).....	66
Gráfico 13 Descripción de la textura y sabor durante los días de almacenamiento en cúrcuma	67
Gráfico 14 Descripción de la textura y sabor durante los días de almacenamiento en jengibre	68
Gráfico 15 Valores medios obtenidos, de los cambios durante el tiempo de almacenamiento con respecto al color, textura y sabor del snack a HR de 85%.	69

Gráfico 16 Valores medios obtenidos, de los cambios durante el tiempo de almacenamiento con respecto al color, textura y sabor del snack a HR de 85%.....	70
Gráfico 17 Curva de tiempo de absorción de jengibre de los diferentes tratamientos en los verdes.....	96
Gráfico 18 Curva de tiempo de absorción de jengibre al 7,5% en los chifles.....	96
Gráfico 19 Curva de tiempo de absorción de jengibre al 15% en los chifles.....	96
Gráfico 20 Curva de tiempo de absorción de jengibre al 30% en los chifles.....	97
Gráfico 21 Curva de tiempo de absorción de Cúrcuma de los diferentes tratamientos en los verdes.....	98
Gráfico 22 Curva de tiempo de absorción de jengibre al 7,5% en los chifles.....	98
Gráfico 23 Curva de tiempo de absorción de jengibre al 15% en los chifles.....	99
Gráfico 24 Curva de tiempo de absorción de jengibre al 30% en los chifles.....	99
Gráfico 25 Valores medios, obtenidos de los cambios durante el tiempo de almacenamiento del tratamiento 2 (7,5% de Cúrcuma).....	100
Gráfico 26 Valores medios, obtenidos de los cambios durante el tiempo de almacenamiento del tratamiento 3 (15% de Cúrcuma).....	100
Gráfico 27 Valores medios, obtenidos de los cambios durante el tiempo de almacenamiento del tratamiento 4 (30% de Cúrcuma).....	101
Gráfico 28 Valores medios, obtenidos de los cambios durante el tiempo de almacenamiento del tratamiento 1 (0% de Jengibre).....	101
Gráfico 29 Valores medios, obtenidos de los cambios durante el tiempo de almacenamiento del tratamiento 2 (7,5% de Jengibre).....	102
Gráfico 30 Valores medios, obtenidos de los cambios durante el tiempo de almacenamiento del tratamiento 3 (15% de Jengibre).....	102
Gráfico 31 Valores medios, obtenidos de los cambios durante el tiempo de almacenamiento del tratamiento 4 (30% de Jengibre).....	103
Gráfico 32 Valores medios, obtenidos de los cambios durante el tiempo de almacenamiento del tratamiento 1 (0% de Jengibre).....	103
Gráfico 33 Valores medios, obtenidos de los cambios durante el tiempo de almacenamiento del tratamiento 2 (7,5% de Jengibre).....	104

Gráfico 34 Valores medios, obtenidos de los cambios durante el tiempo de almacenamiento del tratamiento 3 (15% de Jengibre).....	104
Gráfico 35 Valores medios, obtenidos de los cambios durante el tiempo de almacenamiento del tratamiento 4 (30% de Jengibre).....	105
Gráfico 36 Valores medios, obtenidos de los cambios durante el tiempo de almacenamiento del tratamiento 1 (0% de Cúrcuma).....	105
Gráfico 37 Valores medios, obtenidos de los cambios durante el tiempo de almacenamiento del tratamiento 2 (7.5% de Cúrcuma).....	106
Gráfico 38 Valores medios, obtenidos de los cambios durante el tiempo de almacenamiento del tratamiento 3 (15% de Cúrcuma).....	106
Gráfico 39 Valores medios, obtenidos de los cambios durante el tiempo de almacenamiento del tratamiento 4 (30% de Cúrcuma).....	107

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1 Plátano verde Harton.....	11
Fotografía 2 Contenido interno de un plátano en corte transversal.....	12
Fotografía 3 Cámara de impregnación al vacío.....	42

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A Proceso de elaboración de snack de plátano verde (musa paradisiaca)	85
Anexo B: Tablas y Gráficos	95
Anexo 1A: Procedimiento	86
Anexo 2A: Preparación de las soluciones para la impregnación.....	87
Anexo 3A: Impregnación de los verdes	87
Anexo 4A: Preparación de los tratamientos para la impregnación	88
Anexo 5A: Secado luego de la impregnación	90
Anexo 6A: Freído	91
Anexo 7A: Empacado y pesado	92
Anexo 8A: Almacenado	92
Anexo 9A: Humedades relativas (HR).....	93
Anexo 10A: Cámaras con las diferentes humedades relativas (HR).....	93
Anexo 11A: Muestras para toma de color	94
Anexo 12A: Software imageJ (Fiji).....	94
Anexo 1B: Cinética de impregnación del Jengibre	95
Anexo 2B: Cinética de impregnación de la Cúrcuma	97
Anexo 3B: Evaluación de la textura y sabor durante el almacenamiento	100

CÓDIGO DUBLIN

Título:	“Efecto de la impregnación de cúrcuma (<i>cúrcuma longa</i>) y jengibre (<i>zingiber officinale</i>) sobre el color de un snack de plátano verde (<i>musa paradisiaca</i>)”.			
Autores:	Bastidas Zambrano Ricardo Jahir Toala Mendoza Alexis Heriberto			
Palabras clave:	Snack	Proceso	Concentración	Calidad
Fecha de publicación:	2022			
Resumen:	La industria alimentaria ecuatoriana ha crecido notablemente con la aparición del snack, se ha convertido en los productos de mayor consumo, hoy en día se puede encontrar diversos tipos, pero de ellos se resalta los chifles que son productos elaborados de plátano verde. Por tal razón se hace necesario estudiar el efecto de la impregnación de cúrcuma y jengibre sobre la coloración de snack de plátano verde (<i>musa paradisiaca</i>) “chifles”. Para ello, se plantea analizar la cinética de impregnación de cúrcuma y jengibre en plátano verde, de tal manera que se pueda evaluar la concentración que genere un cambio de color durante el periodo de almacenamiento, de tal manera que se pueda asegurar la calidad del snack al ser almacenado a dos condiciones de humedad relativa diferente, como también el mejor tipo de empaque. Obteniendo como resultados que favorables en cuanto a la capacidad del snack de mantener la coloración bajo condiciones controladas de almacenamiento, llegando a la conclusión mediante el análisis estadístico de los resultados que la cúrcuma fue la que se obtuvieron mejores resultados. The Ecuadorian food industry has grown safely with the appearance of the snack, it has become the most consumed products, today you can find various types, but chifles stand out, which are products made from green plantains. For this reason, it is necessary to study the effect of turmeric and ginger impregnation on the coloration of green plantain snack (<i>musa paradisiaca</i>) "chifles". For this, it is proposed to analyze the kinetics of turmeric and ginger impregnation in green plantain, in such a way that the concentration that generates a color change during the storage period can be evaluated, in such a way that the quality of the snack can be ensured. when stored at two different relative humidity conditions, as well as the best type of packaging. Obtaining favorable results in terms of the ability of the snack to maintain coloration under controlled storage conditions, reaching the conclusion through statistical analysis of the results that turmeric was the one that obtained the best results.			
Editorial:	Quevedo UTEQ – 2022			
Descripción:				
URI:				

INTRODUCCIÓN

En la industria alimentaria ecuatoriana el snack tiende a ser uno de los productos más consumidos por la sociedad, muchos productos suelen ser elaborados de forma artesanal como es el caso de los chifles los cuales a ser elaborados a base de plátano verde, este provee de sus características al producto final como un alto contenido de hidratos de carbono complejos (almidón), por lo que no es apto para su consumo en crudo, rico en minerales como el Ca, K, P y Mg, apenas contiene Na, proteína y fibra, también aporta cantidades interesantes de vitaminas del grupo B, aunque cierta parte se pierden durante la operación de fritura necesaria en la elaboración de este snack [1].

Otro producto popular del Ecuador en cuanto a los snacks elaborados de forma artesanal se encuentra también, los snacks de habitas tostadas los cuales son elaborados a base de una legumbre denominada haba, la cual es 100 % natural y debido a su ventaja nutricional es adecuada para el consumo humano, brindándole muchos beneficios al organismo [2].

Las papitas fritas son hoy en día uno de los snacks más vendidos en todo el mundo. Existen infinitas variedades de sabores e infinitas formas, texturas y calidades. Las patatas fritas son los productos que se obtienen a partir de «patatas frescas», lavadas y peladas, cortadas y fritas en aceite o grasa comestible, y que se conservan en envases con cierre adecuado [3].

Frutas confitadas es un producto que también se lo puede elaborar de manera artesanal ya que es obtenido a partir de pulpa de fruta, cáscara de fruta o ambas; que ha sido sometido a un proceso gobernado por las leyes de osmosis y capilaridad, el cual ha producido un intercambio del agua de la fruta por la de un jarabe de azúcar concentrado, y que puede o no estar adicionado de colorantes saborizantes u otros aditivos e ingredientes permitidos [4].

Es posible confitar fruta entera o en trozos grandes como la papa en rodajas, papaya en octavos, duraznos en mitades, etc. constituyendo esto una forma atractiva y potencialmente lucrativa de conservación de frutas, sobre todo si se piensa en mercados de exportación, donde no se dispone de variedad y abundancia de frutas [4].

El consumo de este aperitivo regularmente se lo hace al instante más sin embargo últimamente su consumo se ha venido incrementando como acompañante de ciertas comidas tradicionales de nuestro país, lo que ha hecho que su demanda crezca y sus problemas tecnológicos se den a conocer uno de estos es la decoloración que se produce en el chifle,

este tiende a tomar una coloración blanquecina a medida que aumenta su tiempo de almacenamiento haciendo que este aspecto lo haga menos apreciado para su consumo.

Por lo expuesto, la investigación propone realizar ensayos de impregnación 8 en total, bajo condiciones de vacío (5pulg Hg por 10 min donde 5min serán de incidencia y 5min de restablecimiento), utilizando dos colorantes naturales cúrcuma (*cúrcuma longa*) y jengibre (*zingiber officinale*) a diferentes concentraciones (0 mg/ L, 7500 mg/ L, 15.000mg/ L y 30.000 mg/ L) de cada colorante, esto permitirá la presencia de colorantes naturales en la estructura del plátano, en primera instancia y luego de la fritura de estas muestras se evaluará si los colorantes impregnados permiten mantener la coloración del snack, para lo que se propuso someter a estas muestras a un almacenamiento controlado de humedad relativa (75 y 85%), temperatura ambiente y luz permanente durante 5 días, también las muestras se empacaron en dos tipos de envase confeccionados con films de BOPP (polipropileno biorientado).

De forma paralela se evaluará las características sensoriales de textura y sabor del snack con el fin de establecer no solo las diferencias de color producidas durante el almacenamiento sino también los cambios sensoriales apreciados.

Por tanto, el objetivo del presente trabajo de investigación será evaluar las diferencias logradas por los dos colorantes utilizados cúrcuma y jengibre en el proceso de impregnación, además de establecer la capacidad del snack de mantener la coloración bajo condiciones controladas de almacenamiento y a su vez que estos no cambien sus características sensoriales.

CAPÍTULO I

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de investigación.

1.1.1. Planteamiento del problema.

La elaboración de productos artesanales presenta una serie de problemas e inconvenientes tecnológicos que se debe ir solucionando con el fin de que los productores artesanales tomen de a poco su escalamiento a un proceso industrial este es el caso de los aperitivos como las papas fritas artesanales, maní de dulce (garrapiñado), chifles etc. Que si bien, siempre han estado en el mercado su demanda se ha venido mermando por su mala presentación, cambio de sabor, color, textura y falta de estabilidad en el almacenamiento.

Lo que ha provocado que los emprendimientos de productos agroindustriales en este caso el sector de los snack o aperitivos se muestre en un declive la falta de soluciones a los problemas planteados por los procesadores artesanales especialmente en el área tecnológica de sus diferentes productos conjuntamente con la falta de vías de comunicación y puentes de enlace entre estos procesadores y la academia, no solo representan un problema económico para el productor artesanal si no que involucra a toda la cadena agro-productiva que hace posible que ese aperitivo este a la disposición de la comunidad.

Diagnóstico.

La demanda de snack artesanales de buena calidad y con valor agregado se ha venido incrementando esto se debe en gran parte al estilo de vida actual que cada vez demanda que las actividades cotidianas se realicen de forma más rápida. Un ejemplo de lo anterior es la disminución del tiempo que se dedica hoy en día a preparar comidas caseras.

La no solución de los problemas tecnológicos de los procesos artesanales en la elaboración de productos de consumo masivo y en este caso específico de los chifles generara pérdidas económicas debido a que este producto artesanal no posee criterios de calidad en su elaboración, lo cual genera la pérdida de varios cientos de miles por parte de los productores artesanales por lo que se hace necesario brindar soluciones tecnológicas concretas, prácticas y de fácil implementación con el afán de frenar el declive de estos productos que son fuente de generación de empleo y producción dentro de nuestro país.

Pronóstico.

Un snack es un alimento rápido y fácil de consumir. Éstos pueden ser utilizados en vez de las comidas o entre ellas y ayudan a diversificar los alimentos que se consumen en el día a día. La vida útil de un snack puede variar de dos a tres meses para frituras, como las papas chips, o de tres días en el caso de los panecillos. Los snacks según su elaboración tienen límites de consumo (caducidad), lo que hace que luego de este tiempo se produzcan cambios sensoriales y químicos en el snack, para alargar la vida útil de los snacks se propone el uso de empaques que eviten el paso de la luz y del oxígeno como es el polipropileno y también la aplicación de aditivos como la cúrcuma (*Cúrcuma longa*) y el jengibre (*Zingiber officinale*). Aplicar estos cambios prolongará la vida útil y hará que las características del snack perduren.

1.1.2. Formulación del problema

¿Es posible controlar la decoloración del snack de plátano verde observada luego de algunos días de almacenamiento mediante la aplicación de colorantes naturales como la cúrcuma y jengibre a través de la tecnología de impregnación al vacío?

1.1.3. Sistematización del problema

- ¿La concentración de cúrcuma y jengibre serán factores determinantes en la coloración final de snack?
- ¿Las concentraciones de cúrcuma y jengibre incidirán en los cambios de color mostrados luego del almacenamiento controlado?
- ¿Las diferencias de textura, sabor y color del snack se mostrarán relacionadas con los tipos de colorantes utilizados, el tiempo de almacenamiento o el tipo de envase?

1.2. Objetivos.

1.2.1. Objetivo General.

Estudiar el efecto de la impregnación de cúrcuma y jengibre sobre la coloración de snack de plátano verde (*musa paradisiaca*) “chifles”.

1.2.2. Objetivos Específicos.

- Determinar la cinética de impregnación de cúrcuma y jengibre en plátano verde.
- Evaluar la concentración de cúrcuma y jengibre que muestre menor cambio de color durante el periodo de almacenamiento.
- Establecer los parámetros de cambio en la coloración, textura y sabor del snack al ser almacenado a dos condiciones de humedad relativa diferente.

1.3. Justificación

El plátano verde (*musa paradisiaca*) es uno de los cultivos más comercializados, después del arroz, el trigo y el maíz, se convierte en una significativa fuente de empleo e ingresos en países en desarrollo, por ser considerado un producto básico en la dieta diaria, por su variada utilización en la alimentación y facilidad de ser transformado en la industria en productos de consumo masivo [5]. A esto se suma que es considerado como una fuente de fibra, potasio e hidratos de carbono que ayudan a controlar la glucemia, gestionar el peso y disminuir los niveles de colesterol en la sangre, disminuir los problemas gastrointestinales, por su gran contenido en taninos, favoreciendo el sistema digestivo [6].

Una de las formas de producción que últimamente se han puesto de manifiesto es la fabricación de “snacks artesanales” a partir del plátano verde creando el aperitivo conocido como “chifle” el cual es un producto de consumo masivo en todas las edades, originario de nuestro país, de precio asequible para el consumidor y económica producción. Además, es adicionado en sopas (encebollados), ceviches o ideales como entrada para acompañar salsas culinarias [7]. Sin embargo, su transformación agroindustrial en snack tiene su precio el

procesado térmico (fritura) del producto genera cambios bioquímicos responsables de la coloración del snack estos cambios de coloración se hacen más evidentes a medida que el producto se mantiene almacenado lo que provoca un aspecto blanquecino que no atrae su consumo y es considerado como defecto del producto [8].

La solución de este defecto es el objetivo principal de la presente investigación aplicando un proceso de impregnación que permita la adición de un colorante natural como es la cúrcuma y el jengibre al snack, la presencia de betacarotenos principalmente en estos colorantes y su poca degradación frente a procesos térmicos han hecho que sean nuestra elección para intentar frenar la decoloración del chifle durante el almacenamiento.

Por otro lado, el proceso de fritura del chifle no conlleva más de 5 min a 130°C por lo cual se puede considerar como un proceso térmico rápido y dado que los colorantes utilizados en la investigación poseen otras características como: conservante, capacidad antioxidante, antiinflamatorias, desintoxicantes a nivel hepático, antiulcerosas, y en algunas fuentes, la señalan también como antitumoral, a lo que se puede considerar que el proceso de impregnación también conllevaría dar un valor agregado al snack.

La impregnación al vacío es una técnica culinaria que utilizan cada vez más chefs de cocina creativa con el objetivo de proporcionar a un alimento un sabor y un color que no tiene por naturaleza mediante la introducción de un líquido en su interior [9].

Esta técnica representa una nueva alternativa para los restaurantes ya que permite obtener “nuevos alimentos” como manzanas con sabor a naranja, pero también para métodos tradicionales como sazonar o marinar carnes y pescados. Dentro de las grandes ventajas que se puede encontrar con este método: transferencia de sabores y colores con rapidez, variedad de productos novedosos, trabajo a bajas temperaturas sin incrementos importantes de tiempo en procesos [9].

Con la impregnación se logra modificar el color y el sabor del alimento, sin alterar su textura, al someter a un alimento a un ciclo de vacío se consigue extraer el aire de sus poros. Una vez terminado el ciclo de vacío y recuperada la presión atmosférica, el alimento reabsorbe el líquido en el que se ha envasado penetrando el líquido en los poros [10].

La posible solución de este defecto a través de la impregnación de colorantes naturales incrementara el consumo de este producto ayudara al productor artesanal a minimizar sus

pérdidas por efectos de defectos en la producción y mejorando la economía de la cadena agro-productiva del sector.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.2. Marco Conceptual.

2.2.1. Contenido Teórico materias primas.

2.2.1.1. Producción de verde en el Ecuador.

Ecuador con la producción de plátano verde tiene una de las materias primas más versátiles para ser transformada en la matriz productiva en un sinnúmero de emprendimientos que pueden ir desde los llamados snack, alimentos para preparar, alimentos listos para el consumo y por qué no alimentos que aporten a la soberanía alimentaria a través de procesos de deshidratación y extrusión, que garanticen una vida más larga de los productos que se tienen en abundancia en el país [11].

La mayor zona de producción de esta musácea es la conocida como el triángulo platanero, la cual abarca las provincias de Manabí, Santo Domingo y los Ríos con 52612, 14249 y 13376 ha, respectivamente. Las principales variedades explotadas en estas zonas son el “Dominico”, que se lo destina principalmente para el auto-consumo y el “Barraganete” que se lo destina en su mayor parte a la exportación, estimándose que anualmente se exportan alrededor de 90000 TM de este cultivar [12].

2.2.1.2. El plátano verde.

El plátano, también conocido como “Plátano macho, Plátano verde o Plátano para cocer” es un fruto de la familia de las Musáceas (Musaceae), especie (*musa paradisiaca*), más grande y menos dulce que otras variedades de su misma familia. A pesar que su origen es del Sudoeste Asiático, a lo largo de los años su cultivo se ha extendido a Centroamérica, Sudamérica, y África Subtropical [13].

Aunque el plátano verde es sólo un plátano todavía inmaduro, contiene un almidón más resistente, un tipo de carbohidrato que no es bien absorbido por el cuerpo y puede generar muchos beneficios para la salud (como el control de la glucosa, el mantenimiento del peso e incluso una disminución de los niveles de colesterol) [14].

Fotografía 1 *Plátano verde Harton*



Fuente: Elaboración propia

Elaboración: Autores

En Ecuador las plantaciones de plátano se pueden divisar por todo el territorio ecuatoriano, gracias a que el clima de Ecuador es beneficioso para el cultivo de plátano, banano y otras frutas exóticas pudiendo tener una producción constante durante todo el año [1]. La planta en si brinda multiplicidad de usos para ser transformada en la nueva matriz productiva, tanto las hojas y tallos son ricos en fibra y celulosa, sustancias que pueden ser usadas como materia prima en la industria [15]. Anualmente en Ecuador se cultivan cerca de seis millones de toneladas de plátano, la mayor parte de las cuales son para exportación, la Unión Europea (59%) es el principal destino, seguido por Estados Unidos (29%) y el restante a otros países [5].

2.2.1.3. Origen.

Originario de sur oeste asiático siendo conocido en el Mediterráneo desde el año 650 d.c. y llegó a América en el año 1516, el plátano es el cuarto cultivo de frutas más importantes del mundo [16].

2.2.1.4. Características.

El plátano tiene forma alargada, ligeramente curvada y cada unidad puede llegar a pesar aproximadamente unos 200 gramos, tiene piel gruesa y de color verdoso y su pulpa es color blanco. La pulpa tiene una consistencia harinosa y su sabor, a diferencia de otros plátanos, no es dulce ya que apenas contiene hidratos de carbono sencillos o azúcares [17].

2.2.1.5. Constitución de un plátano.

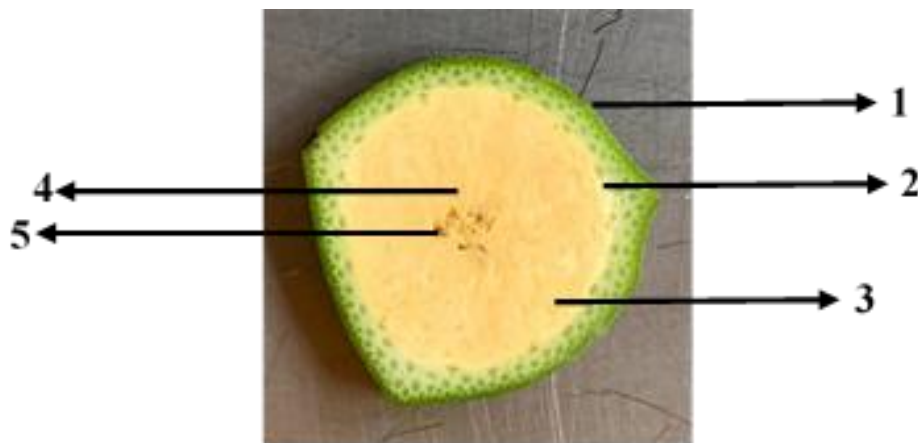
El plátano verde se encuentra constituido por:

- La cáscara
- La pulpa
- El pedicelo

2.2.1.6. Contenido interno de un plátano en corte transversal.

Es una fruta tropical que la convierte en un alimento indispensable en cualquier dieta y está compuesto de las siguientes partes:

Fotografía 2 *Contenido interno de un plátano en corte transversal*



Fuente: [18]

Elaboración: Autores

1. Concha o cáscara (pericarpio)
2. Pedúnculo
3. Tejido fotosintético
4. Tubos de látex
5. (Parte central) centro con semillas [18].

2.2.1.7. Variedades de plátano verde en Ecuador.

El Ecuador cuenta con algunas variedades importantes de plátano verde, entre las que se destacan el barraganete, maqueño y dominico. A continuación, se detallan sus principales características.

a. Barraganete

- Mayor producción en época de invierno
- Variedad de mayor exportación del Ecuador
- Largo de la fruta 22 y 30 cm
- Ancho de la fruta 2 a 5 cm
- Dedos 22 a 44 por mano

b. Maqueño

- Destinado al consumo interno
- Mayor cantidad de dedos por mano
- Largo de la fruta 20 y 25 cm
- Ancho de la fruta 2 a 4 cm
- Aspecto regordete, piel rosada, pulpa pegajosa y dulce

c. Dominico

- Adquirió su nombre por quien lo introdujo a América (Fraile de la orden de Santo Domingo)
- Largo de la fruta 22 a 30 cm

- Ancho de la fruta 2 a 4 cm
- Aproximadamente 23 dedos por mano
- Sabor en crudo muy amargo, requiere cocción para que se torne blando, suave y mantecoso.
- Uso potencial en la gastronomía y sus hojas son aprovechadas en la cocción de platos típicos. [15]

2.2.1.8. Taxonomía del plátano hartón.

Hace referencia a la norma o regla de categorización, o clasificación, de grupos (taxones), en las que se reúnen organismos afines y semejantes se ocupa de los principios, métodos y fines dentro de la biología y contiene la siguiente división (Tabla 1):

Nombre científico: Musa Paradisiaca

Nombre común: Plátano Hartón.

Tabla 1 Taxonomía del plátano verde (Harton)

Categoría	Descripción
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Liliopsida
Orden:	Zingiberales
Familia:	Musaceae
Género:	Musa
Especie:	M. balbisiana
Nombre binomial	Musa Paradisiaca

Fuente: [19]

Elaborado: Autores

2.2.1.9. Clasificación del plátano de acuerdo a su tamaño.

Los frutos de plátano de acuerdo a su tamaño y apariencia externa, determinación para el plátano hartón cuatro calidades, se presenta a continuación en la (Tabla 2) algunas de las características particulares del plátano.

Tabla 2 *Clasificación del plátano de acuerdo a su tamaño*

Clasificación	Según su tamaño
Extra	> 400 g
Grande (1ª)	> 350- 399 g
Mediano (2ª)	> 199-299 g
Pequeño (3ª)	< 199 g

Fuente: [16]

Elaboración: Autores

2.2.1.10. Composición del Plátano Hartón.

El plátano en estado verde posee más almidones que el banano, pero con la maduración va desapareciendo. Los taninos presentes en los frutos son los que le dan la astringencia, pero éstos se pierden con la maduración; concentraciones de taninos superiores al 7,0%, inhiben la actividad celulítica, además encontró que la composición de la cáscara de plátano es más rica en minerales que la pulpa, en la gran mayoría de casos. Destaca su contenido de hidratos de carbono, por lo que su valor calórico es elevado. Los nutrientes más representativos del plátano son el potasio, el magnesio, el ácido fólico y sustancias de acción astringente sin despreciar el aporte de fibra [20].

2.2.1.11. Valor nutricional del plátano verde (Harton).

El plátano verde (Harton) posee un importante valor nutricional, por su aporte energético en la dieta diaria de la población, especialmente en los ecuatorianos quienes lo tienen como parte de su dieta alimenticia (Tabla 3).

Tabla 3 *Valor nutricional del plátano verde*

Componentes	Unidades	Valor
Energía	Kcal	122
Agua	%	65.6
Carbohidratos	%	32.2
Proteínas	%	1.0
Fibra	%	0.5
Grasa	%	0.3
Cenizas	%	0.8
b-caroteno (vitamina A)	ppm	1.75
Tiamina (vitamina B1)	ppm	0.6
Riboflavina (vitamina B2)	ppm	0.4
Piridoxina (vitamina B6)	ppm	---
Niacina	ppm	6.0
Ácido ascórbico (vitamina C)	ppm	200

Fuente: [20]

Elaboración: Autores

2.2.1.12. Propiedades físicas del Plátano Hartón.

Las características de esta variedad producen racimos de mayor peso y tamaño de mayor longitud y diámetro y pertenece a la Musa Paradisiaca, como se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4 Variedad, peso, longitud, diámetro, cáscara

Categoría	Descripción
Tipo	Plátano harton
Grupo	Musa Paradisiaca
Variedad	Musa Paradisiaca AAB
Peso (g)	215±57,9
Longitud (cm)	21,3±2,9
Diámetro (cm)	4,1±0,4
Cascara (%)	36,4±1,8
Densidad fruto (g/ml)	1,04±0,3
Densidad pasta (g/ml)	1,13±0,05
Fracción comestible (MS, Kg)	3,84
Materia seca	40,02±1,10

Fuente: [20]

Elaboración: Autores

2.2.1.13. Minerales.

Son elementos inorgánicos presentes en mínima cantidad en las materias primas utilizadas en la elaboración de alimentos para animales, por lo cual deben ser adicionadas a las mismas [20]. Los minerales esenciales en el organismo son constituyentes de los huesos y dientes, le dan rigidez al esqueleto y forman parte de compuestos orgánicos como proteínas y lípidos. Como se presenta en la Tabla 5 los minerales presentes en el plátano verde Harton en la cascara y la pasta.

Tabla 5 Composición mineral

Categoría	Parte del fruto	
	Cascara	Pasta
Nitrógeno ppm	14	6
Fósforo g/Kg	2	0,7
Potasio g/Kg	57	18
Magnesio g/Kg	1	3
Calcio g/Kg	6	8
Azufre g/Kg	1	0,4
Boro g/Kg	50	8
Zinc g/Kg	70	30
Cobre g/Kg	10	10

Fuente: [20]

Elaboración: Autores

2.2.1.14. Propiedades del plátano verde.

El plátano es un alimento con un significativo aporte de hidratos de carbono, vitamina B6, vitamina C, carotenoides, agua y potasio [21]. Se estima que el 55-60% de la energía diaria que se necesita debe provenir de carbohidratos, bien por la ingesta de alimentos ricos en almidón, o por las reservas de glucógeno presentes en el organismo. Además, la principal energía que necesita el cerebro para funcionar es la glucosa, que se encuentra en alimentos ricos en carbohidratos.

La pulpa de plátano contiene diversas propiedades, como lo han demostrado estudios realizados siendo una excelente fuente de potasio [22]. A esto se suma que el potasio se puede encontrar en una variedad de frutas, verduras o incluso carnes, sin embargo, un solo plátano puede proporcionar hasta el 23% de potasio que se necesita al día [23].

El potasio beneficia a los músculos, ya que ayuda a mantener su buen funcionamiento y evita los espasmos musculares. Además, estudios recientes muestran que el potasio puede ayudar a disminuir la presión arterial y también reduce el riesgo de accidentes cerebrovasculares [22].

El plátano verde contiene el 41% del requerimiento necesario de vitamina B6 al día, estudios recientes han comprobado que el consumo de plátano ayuda a mejorar el humor para personas con depresión y síndrome premenstrual debido a su alto contenido de vitaminas,¹ específicamente la vitamina B ya que está integrada alimento para los diabéticos. En la medicina tradicional, la savia [24] se utiliza para tratar una amplia variedad de enfermedades, incluyendo la lepra, la histeria, la fiebre, trastornos digestivos, hemorragia, epilepsia, hemorroides y picaduras de insectos ya que químicamente la savia del plátano tiene propiedades astringentes [24].

Además, la vitamina B6 (o piridoxina). Favorece la formación de glóbulos rojos, células sanguíneas y hormonas, interviene en la síntesis de carbohidratos, proteínas y grasas, y colabora en el mantenimiento de los sistemas nervioso e inmune en perfecto estado, participando indirectamente en la producción de anticuerpos [21].

Vitamina C (o ácido ascórbico). Con propiedades antioxidantes que ayudan a neutralizar los radicales libres y a eliminar determinadas sustancias tóxicas, reduciendo la probabilidad de desarrollar cáncer. La vitamina C inhibe además el crecimiento de bacterias dañinas para el organismo, favorece el sistema inmunitario, previene enfermedades vasculares al reducir la tensión arterial, y es empleada en tratamientos contra alergias como el asma o la sinusitis. En cuanto al desarrollo del organismo, esta vitamina tiene un destacado papel en el mantenimiento de cartílagos, huesos y dientes, ayuda a la absorción del hierro no hémico, y es imprescindible en la formación de colágeno, por lo que previene contra afecciones de la piel y contribuye a la cicatrización de heridas y quemaduras [21].

Carotenoides. Actúan como antioxidante previniendo el envejecimiento celular y protegiendo el organismo frente a los radicales libres y la aparición de cáncer, a la vez que se aumentan la eficiencia del sistema inmunitario y se reducen las probabilidades de ataques cardíacos. Los carotenos son también requeridos por nuestro organismo para la formación de la vitamina A [21].

Agua (75,30%). Favorece la hidratación de nuestro organismo, al que se debe abastecer, incluyendo el consumo a través de los alimentos, con una cantidad de agua que oscila entre los 2,7 y los 3,7 litros, dependiendo de cada constitución, de la actividad física desarrollada, o de estados como el embarazo, la lactancia, enfermedad o exposición a fuentes de calor, circunstancias estas últimas donde las necesidades de consumo aumentan [21].

Se ha comprobado científicamente que tanto la cáscara como la pulpa poseen propiedades antifúngicas y antibióticas debido a su estructura química, así mismo cuentan por las moléculas de piridoxal, piridoxina y piridoxamina las cuáles tienen un papel atenuante en el metabolismo de varios neurotransmisores (serotonina, norepinefrina, sistema colinérgico, dopamina y ácido γ -aminobutírico) [25] cuya deficiencia permite el desarrollo de la depresión así como el síndrome premenstrual y el trastorno disfórico premenstrual [26].

En estado inmaduro, el plátano posee una alta concentración de almidón (70%) [27] a comparación de la fruta en estado maduro. Este almidón se degrada a una pequeña porción de monosacáridos [28] mientras que el resto del almidón se degrada a sacarosa. El almidón es un polímero importante de origen natural con diversas aplicaciones en la ciencia de los alimentos y polímeros, la industria moderna de alimentos está aumentando la demanda del mismo por lo que se ha generado un interés por identificar nuevas fuentes de este polisacárido;11 de acuerdo a Bello-Pérez en 1999 se identificó hasta el 70% (base seca) de presencia de almidón en frutas en estado inmaduro o verde, específicamente en plátano y mango [29].

El resto de nutrientes presentes en menor medida en este alimento, ordenados por relevancia de su presencia, son: magnesio, fibra, calorías, vitamina B9, vitamina B, vitamina B2, yodo, hierro, vitamina B3, vitamina E, vitamina A, cinc, fósforo, selenio, proteínas, calcio, ácidos grasos poliinsaturados, ácidos grasos saturados, grasa, ácidos grasos monoinsaturados y sodio [21].

2.2.2. Usos Agroindustriales del plátano verde.

El sector agropecuario está integrado a los procesos agroindustriales, con creciente flujo de productos destinados al procesamiento con estrechas relaciones insumo-producto [30]. El principal motor productivo en la economía ecuatoriana viene del sector agropecuario siendo el plátano uno de los productos más significativos por el uso en sus distintas variedades, este producto representa aproximadamente un 32% del comercio a nivel mundial, razón por la cual, constituye de vital importancia económica para el Ecuador y para el consumo del productor y de la población en general. Además de que, con su producción, se generan

fuentes de empleo lo cual permite nivel el nivel ocupacional de los productores y la calidad de vida de sus familias [31].

Para asegurar el éxito de una agroindustria de plátano se deben tener en cuenta varias consideraciones:

- Debe haber un suministro suficiente y constante durante el año de frutos frescos a bajos precios para mantener las fábricas activas.
- El producto procesado debe tener una alternativa viable de mercado.
- El producto debe recibir un valor agregado comparado con los frutos frescos, ya que la inversión en infraestructura de la fábrica y los costos de producción deben ser rentables.

Se pueden obtener muchos productos procesados a partir de la planta de plátano, mediante procedimientos de enlatado, secado, congelación, mezclado, extracción o fermentación [32]. El plátano también conocido como verde es un ingrediente imprescindible en los platillos que se preparan en la costa ecuatoriana está presente en caldo de bolas, majado, empanadas, patacones, bolones de verde y otros elaborados, este producto es rico en fibra y efectivo para dar energía al organismo [33].

2.2.2.1. Rebanadas fritas (Chip`s).

El producto agroindustrial de mayor producción y consumo son los chips (rebanadas fritas de plátano verde) que reciben diferentes denominaciones (chips, tajadas fritas, chifles, platanitos, fritos, etc.), que utiliza el proceso tecnológico de la fritura [34].

2.2.2.2. Patacones y Maduros.

Otra forma de industrialización del plátano, es la línea tecnológica fritura-congelado, y en ésta hay dos productos tradicionales y muy importantes en el mercado internacional, ya que el origen del crecimiento de esta agro industrialización, está basada en los mercados étnicos de países desarrollados (USA-Canadá) en América y en Europa, para cubrir el llamado mercado de la nostalgia y el mercado de productos exóticos, estos son los patacones o tostones a partir de plátano verde y los “maduros” (trozos de plátano maduro) [34].

2.2.2.3. Harinas o cremas.

Esta tecnología de aprovechamiento del plátano, quizás sea el más ancestral de todos los procesos tecnológicos porque la naturaleza le enseñó al hombre la conservación de los alimentos al medio ambiente (secado solar). Todas las musáceas se producen en los trópicos, por lo tanto, la energía solar fue y es, un gran elemento para la conservación de los alimentos en esas áreas. Por esta misma razón, es que no se han utilizado tecnologías de secado controladas en las áreas aledañas a la producción agrícola platanera [34].

En los últimos años, debido a los controles sanitarios y de la prevención de la contaminación alimentaria, esta metodología ancestral de secado solar, ya no se está utilizando como actividad industrial-comercial, y se requiere de procesos tecnológicos controlados, utilizando el secado por arrastre con aire caliente, que deberán ser purificados y en estructuras de acero inoxidable, principalmente para cumplir con las normas sanitarias de elaboración de alimentos para consumo humano. [34]

2.2.2.4. Snacks.

Los snacks, conocidos también como fast-foods o comida rápida, se refieren a aquellas comidas que se preparan rápidamente y son consumidas fuera del hogar y por lo tanto no son preparadas en ella. La palabra snack proviene del idioma inglés, que significa “alimento ligero” que se consume entre comidas, son aperitivos que vienen generalmente en paquete [35].

Muchas de las veces los snacks son catalogados como alimentos “basura” al tener poco o ningún aporte nutricional, más sin embargo dependiendo de sus ingredientes y forma de preparación, los snacks podrían catalogarse como saludable y nutricionalmente equilibrados, y su impacto en la dieta dependerá de factores como: frecuencia de consumo, elección, combinación y la complementación con otros alimentos a lo largo del día [36].

El consumo de los snacks ha surgido por los cambios en el estilo de vida, la moda y las necesidades sociales; por esta razón es importante conocer las ventajas y desventajas a la hora de integrarlas a la dieta habitual [36].

Es por este motivo que en la actualidad se ha dejado de lado la idea de que es un alimento que no aporta a la dieta diaria y se ha convertido en un mercado enorme y un gran número

de empresas luchan constantemente por dominarlo, además de ser un mercado en crecimiento [37].

2.2.2.5. Variedades de Snacks

Haciendo foco en sus sabores se puede clasificar en diferentes variedades, ya que la oferta al respecto contempla lo siguiente:

- a. Snacks dulces: Se cuenta con alternativas con sabor frutal, caramelizados y con chocolate.
- b. Snacks salados: Como lo son los maníes o cacahuets, los palitos de maíz y las papas fritas [38].

2.2.3. Causas de deterioro del plátano verde.

Las causas del deterioro del plátano verde se exponen a continuación de acuerdo a sus propiedades:

- **Físicas:** Temperaturas inapropiadas, pérdidas o ganancias de humedad, radiaciones. Si la fruta se golpea o se corta se rompen las células y las enzimas (oxidases) que quedan en libertad atacan y degradan las pectinas, al mismo tiempo se producen cambios indeseables en el color, se vuelven marrones y se oscurecen rápidamente cuando las superficies cortadas se exponen al aire. No requiere condiciones especiales para la conservación, basta mantenerlos en un lugar fresco, seco y protegido de la luz directa del sol, si se conservan en el frigorífico, la cáscara del plátano se ennegrece por lo que se altera su aspecto externo, pero esto no afecta en absoluto a su calidad nutritiva [39].
- **Químicas:** Las reacciones con el oxígeno. Las quinonas son muy reactivas atacan a una gran variedad de componentes celulares, favoreciendo la formación de polímeros negro-marrón, estos polímeros son los responsables del oscurecimiento de tejidos vegetales cuando se dañan físicamente, se observa fácilmente en los plátanos [39].
- **Biológicas:** Son causados por la proliferación y metabolismo de microorganismos, infestación por insectos, parásitos, roedores y actividad de sistemas enzimáticos [39].

2.2.4. Cúrcuma (*cúrcuma longa*).

La Cúrcuma es una planta de la Familia Zingiberaceae originaria del sudeste asiático, conocida también como turmeric. Es una planta herbácea, rizomatosa, que puede alcanzar una altura de hasta dos metros [40].

Se cultiva principalmente en China, India, Indonesia, se produce también en El Caribe (Jamaica, Haití, Costa Rica) y América Latina (Perú y Brasil). El mayor país productor de cúrcuma es la India, que produce aproximadamente el 90% de la cúrcuma del mundo. Es cultivada desde el 3000 A.C por la civilización Harappa. Es conocida mundialmente como especia aromática, utilizada en la gastronomía asiática para dar un toque de color y sabor picante a los platos [41], como se presenta en la Tabla 6.

Tabla 6 Composición química de la Cúrcuma longa

Composición	Unidades	Cantidad cada 100g
Agua	G	12.85
Energía	Kcal	312
Carbohidratos	G	67.14
Azúcares totales	G	3.21
Proteínas	G	9.68
Lípidos totales	G	3.25
Ácidos grasos saturados	G	1.838
Ácidos grasos monoinsaturados	G	0.449
Ácidos grasos poliinsaturados	G	0.756
Ácidos grasos trans	G	0.056
Fibra dietética total	G	22.7
Calcio	Mg	168
Hierro	Mg	55.00
Magnesio	Mg	208
Fósforo	Mg	299
Potasio	Mg	2080
Sodio	Mg	27
Zinc	Mg	4.50
Vitamina C	Mg	0.7
Tiamina	Mg	0.058
Riboflavina	Mg	0.150
Niacina	Mg	1.350
Vitamina B6	Mg	0.107
Folato	Ug	20
Vitamina B12	UI	0
Vitamina A	Mg	0
Vitamina D	Mg	4.43
Vitamina E	UI	0
Vitamina K	Ug	13.4

Fuente: [41]

Elaboración: Autores

2.2.4.1. La cúrcuma (*cúrcuma longa*) como colorante natural.

La cúrcuma es conocida en la industria alimentaria como E-100, su resina se utiliza como agente saborizante y colorante alimenticio de color anaranjado siendo el responsable de éste la curcumina, compuesto fenólico que sirve para aromatizar y dar color a mantequillas, quesos, diversas conservas, mostaza, palomitas de maíz de colores, cereales, sopas, caldos, productos cárnicos y lácteos [42]. La ingesta diaria recomendable no debe superar 1mg de curcumina/Kg de peso y 0,3 mg de cúrcuma por Kg de peso. La FDA (Food and Drug Administration) de los Estados Unidos ha declarado la curcumina como “un producto considerado seguro” (Generally Regarded as Safe, GRAS), y aceptado como colorante alimenticio y saborizante [43].

Igualmente se utiliza la oleoresina [42], un colorante que se obtiene por extracción alcohólica (acetona, diclorometano, 1,2-dicloroetano, metanol, etanol, isopropanol y hexanos) de lípidos y aceite de los rizomas secos y molidos de la cúrcuma. Se trata de un aceite denso de color amarillo terroso, semisólido o pastoso, con un contenido entre 35-55% de curcuminoides y como máximo 25% de aceites volátiles. Las preparaciones diluidas suelen tener un color más amarillento y con un contenido del 6 al 15% de curcuminoides y no más del 10% de aceites volátiles. El producto debe ser almacenado en ambiente seco y frío (15 – 20°C) protegido de la exposición a la luz, calor.

La cúrcuma puede combinarse con el onoto o achiote [41], una especie arborecente de las regiones intertropicales de América, cuya semilla, conocida como annatto, se utiliza también como colorante natural rojizo amarillento (E160b), usado junto con la cúrcuma (E100) en la coloración de quesos como el cheddar, en margarina, arroz y pescado ahumado.

Es el rizoma de color anaranjado el que tiene el total protagonismo de la planta en cuanto a sus usos en el mercado o la industria. La cúrcuma es y ha sido utilizada en gastronomía e industria alimentaria, en medicina, cosmética natural y ritos espirituales. El uso de la cúrcuma en gastronomía se expondrá más adelante, y se centra aquí en las demás potencialidades de mercado de este rizoma aromático [41].

2.2.4.2. Beneficios de la Cúrcuma (*cúrcuma longa*).

Los compuestos fitoquímicos presentes en su rizoma anaranjado característico, los curcuminoides, principalmente la curcumina, le confieren a esta planta importantes propiedades medicinales [41]. El rizoma de la cúrcuma fue adoptado como producto medicinal por el Comité de Productos Medicinales Herbales (Committee on Herbal Medicinal Products-HMPC) el 12 de noviembre de 2009. Esta planta ha sido usada en multitud de sistemas de medicina tradicional (China, Hindú y Ayurvédica) para aliviar problemas digestivos, como un antiinflamatorio y en uso tópico por su capacidad de cicatrización [44]. Hay muchos estudios que demuestran la capacidad de la cúrcuma para estabilizar membranas y para prevenir la peroxidación lipídica, un proceso fundamental en el establecimiento, la progresión y las complicaciones de muchas patologías como las enfermedades hepáticas, renales, cardiovasculares, neurodegenerativas, en la diabetes y en las cataratas. Las últimas investigaciones sobre los efectos biológicos de los extractos de cúrcuma y de los curcuminoides están encaminados a estudiar su actividad anticancerosa, principalmente frente al cáncer de piel, colon y duodeno [45].

Los responsables de la bioactividad de la cúrcuma son los curcuminoides, especialmente la curcumina, compuesto fenólico del metabolismo secundario [46]. Existen distintas preparaciones de esta planta medicinal. Puede tomarse el rizoma en polvo o triturado en infusión, para su uso externo se realizan tinturas utilizando como disolvente etanol al 70%, o pueden realizarse extractos secos extraídos con etanol al 96% [46].

2.2.5. Jengibre.

El jengibre pertenece a la familia Zingiberaceae, cuyo nombre científico es *Zingiber Officinale* Roscoe. Ambos nombres, Zingiber y Jengibre, provienen del hindú zingibil, nombre común dado a esta planta [47].

Se trata de una planta herbácea cuyo rizoma es perenne, nudoso, tuberoso, con una corteza de color ceniciento y rugosidades transversas, de sabor picante e intensamente aromático. Del rizoma surgen los falsos tallos, de color rojizo, erectos, oblicuos, redondos y anuales,

envueltos por las hojas y que pueden alcanzar hasta 1 m de altura, se cosecha a partir de los 9 ó 10 meses [47].

Las hojas brotan del rizoma y desprenden un agradable aroma; son subsésiles, alternas, lanceoladas, estrechas, lineales y agudas, de 6-10 cm de longitud y 2 cm de ancho. Las inflorescencias son terminales y nacen del tallo floral, que es radical y solitario. Las flores, irregulares, fragantes, pequeñas y de color amarillo verdoso, se agrupan en espigas. El fruto es una cápsula [47].

2.2.5.1. Composición nutricional.

En la siguiente Tabla 7 se observan los componentes nutricionales por cada 100g de jengibre y el porcentaje que cubre la dosis día recomendada (DDR) en base a una dieta de 2000 Kcal.

Tabla 7 *Composición nutricional de Jengibre*

Componentes	Unidad	Cantidad en 100 g
Energía	Kcal.	47
Carbohidratos	g	9
Proteínas	g	1,6
Fibra	g	0,9
Calcio	mg	44
Fosforo	mg	66
Hierro	mg	1,8
Tiamina	mg	0,02
Riboflavina	mg	0,06
Niacina	mg	0,7
Ácido ascórbico	mg	2

Fuente: [47]

Elaboración: Autores

2.2.5.2. Valor funcional

El término “propiedad funcional” está relacionado con ciertos componentes químicos presentes en los alimentos, capaces de promover y/o restaurar la salud. La Comisión Europea de Ciencia de los Alimentos Funcionales, expresa que un alimento es funcional cuando afecta beneficiosamente funciones objetivo en el cuerpo, logrando buena salud, bienestar y/o reducción de enfermedades [48].

El jengibre contiene principios activos los cuales poseen capacidad antioxidante que proporcionan beneficios a la salud por lo que lo hacen un alimento funcional.

El extracto etanólico de la raíz de jengibre ha demostrado poseer una fuerte actividad antioxidante. Hay evidencia que indica que el extracto de jengibre realizado con etanol es una sustancia prometedora para el detallado estudio de sus efectos protectores contra compuestos citotóxicos. Presenta un alto contenido de componentes fenólicos y una intrínseca capacidad antirradical [49].

El extracto del rizoma de jengibre es conocido por su fuerte eficacia en la reducción de radicales libres, mediada sobre todo por sus componentes fenólicos entre los cuales están presentes el gingerol, gingeron y shogaol, entre otros. Una mezcla de no-resinas fenólicas (hidrocarburos sesquiterpenos, compuestos carbonílicos, [50]hidrocarburos del monoterpeno y ésteres) contribuye a la actividad antioxidante y es responsable del fuerte aroma de jengibre en los suplementos de dieta, bebidas y alimentos [51].

2.2.6. Antioxidantes

Los antioxidantes son moléculas capaces de prevenir o retardar la oxidación de un sustrato biológico inducida por una especie pro-oxidante, es decir, radicales libres. Dentro de los presentes en la naturaleza, se caracterizan por tener una elevada diversidad molecular [52].

El principal rol que tienen estas moléculas es evitar, retardar o revertir las reacciones conducentes a la oxidación de los sustratos biológicos. El mecanismo es la donación de un electrón, cuyo resultado es la pérdida de reactividad de los radicales libres y la oxidación de los antioxidantes [53].

Los antioxidantes pueden ser sintetizados por el organismo humano, o bien, ser ingeridos a través de los alimentos.

- Entre estos últimos, los principales son:
- Vitaminas antioxidantes: Ácido ascórbico, alfa tocoferol y beta caroteno.
- Carotenoides: Luteína, zeaxantina y licopeno.
- Compuestos fenólicos: flavonoides y no flavonoides.

Los compuestos fenólicos, químicamente son un grupo de compuestos naturales, metabolitos secundarios producidos por las plantas para protegerse de otros organismos. Tienen características estructurales fenólicas, ya que poseen al menos un anillo fenólico unido a uno o más grupos hidróxilo. Existen varios subgrupos y pueden diferir en la estabilidad, la biodisponibilidad y las funciones fisiológicas [54].

Los antioxidantes fenólicos naturales, pueden detener efectivamente los radicales libres, absorber la luz ultravioleta y quelar metales de transición, así detienen el progresivo daño autoxidativo [54]. Además de esta propiedad, también confieren a los alimentos aroma, color y astringencia [55].

La clasificación dentro de este grupo según la estructura química, comprende:

1. Ácidos Fenólicos: forman parte de los compuestos polifenólicos no flavonoides. Su contenido es mayor en las frutas que en las verduras, y disminuye a medida que la fruta madura [56].
2. Flavonoides: En las plantas se encuentran unidos a azúcares (glicósidos). De su grado de glicosilación depende la actividad biológica. Son responsables en gran medida del sabor y color de las frutas y verduras, además otorgan picor y tiene propiedades antioxidantes y antiinflamatorios.
3. Taninos: Son hidrosolubles. El color de los taninos va del blanco amarillento al marrón claro, y otorgan sabor astringente a los alimentos.
4. Estilbenos: Se encuentra particularmente en uvas, en forma de resveratrol. En las plantas ejerce un rol protector contra enfermedades.
5. Curcumina: Es el pigmento principal del rizoma de la planta *Cúrcuma Longa* Linn. El rizoma en polvo se utiliza como conservante y colorante de alimentos. Es un poderoso antioxidante y antiinflamatorio.

6. Gingeroles: Se encuentran en el rizoma del jengibre (*Zingiber officinale*), siendo los principales responsables de su sabor picante [57].

2.2.7. Snacks.

Los snacks, conocidos también como fast-foods o comida rápida, se refieren a aquellas comidas que se preparan rápidamente y son consumidas fuera del hogar y por lo tanto no son preparadas en ella. La palabra snack proviene del idioma inglés, que significa “alimento ligero” que se consume entre comidas, son aperitivos que vienen generalmente en paquete. Los snacks o aperitivos son un tipo de alimento que se utilizan para satisfacer temporalmente el hambre, proporcionar una mínima cantidad de energía para el cuerpo o simplemente por placer [36].

Muchas de las veces los snacks son catalogados como alimentos basura al tener poco o ningún aporte nutricional, más sin embargo dependiendo de sus ingredientes y forma de preparación, los snacks podrían catalogarse como saludable y nutricionalmente equilibrados, y su impacto en la dieta depende de factores como: frecuencia de consumo, elección, combinación y la complementación con otros alimentos a lo largo del día.

El consumo de los snacks ha surgido por los cambios en el estilo de vida, la moda y las necesidades sociales; por esta razón es importante conocer las ventajas y desventajas a la hora de integrarlas a la dieta habitual [36].

Es por este motivo que en la actualidad se ha dejado de lado la idea de que es un alimento que no aporta a la dieta diaria y se ha convertido en un mercado enorme y un gran número de empresas luchan constantemente por dominarlo, además de ser un mercado en crecimiento [37].

2.2.7.1. Variedades de Snacks.

Los snacks pueden tener una gran variedad haciendo foco en sus sabores es así que en el mercado se oferta algunos tipos:

- Snacks dulces: Se encuentran alternativas con sabor frutal, caramelizados y con chocolate.

- Snacks salados: Como lo son los maníes o cacahuetes, los palitos de maíz y las papas fritas [38].

2.2.7.2. Procedimiento de elaboración de un snack a base de plátano verde.

El snack de plátano verde tiene diferentes procedimientos de elaboración ya sea artesanal o industrial. El modo artesanal comúnmente es realizado por personas las cuales están entre vecinos amigos o familiares las cuales son apoyados por instituciones o financiados por ellos mismos. Mientras que nivel de las empresas industriales o semi industriales son manejadas por empresarios los cuales disponen de una mejor organización por lo tanto tienen mejores entradas en los mercados y mayor producción, cuenta de los siguientes pasos:

a. Pelado

El pelado del verde tiende a tener varias formas de hacerlo de la manera artesanal se la puede realizar con un corte en ambas puntas y una abertura de extremo a extremo. Mientras que a nivel industrial y semi industrial normalmente llevan al plátano verde a un escaldado en agua a temperatura que normalmente esta entre 40-60c por un breve periodo de tiempo para así neutralizar el latex que tiene plátano y facilitar su pelado.

b. Cortado

El plátano verde puede ser cortado en modo transversal o vertical eso depende mucho del gusto del consumidor, normalmente los chifles con sabores son cortados de forma transversal mientras que los salados se los realiza de forma vertical.

c. Freído o deshidratado

Existen varias formas de freír el snack de plátano verde la forma artesanal cortan al plátano luego lo meten a una olla con aceite a una temperatura aproximada de 100-130c mientras que la forma más industrial se puede realizar en máquinas diseñadas para dicho trabajo freidoras las cuales pueden hacer entre 2 a 6 kg de chifle por freída la mayoría tiende a tener su picadora las cuales poseen discos con cuchillas que son giradas por un motor al momento que el plátano pasa por dicho disco son cortadas en cuestión de segundos.

Una vez ya freído el plátano se lo coloca en planchas para su secado ya que el objetivo de esto es dejar que el snack no esté embebido con aceite.

d. Condimentado

Los snacks de plátano verde normalmente se los condimenta una vez salen de la freidora cuando estén todavía calientes ya que de esa manera se asegura que el condimento se quede en el snack, comúnmente son condimentados con (sal, saborizantes artificiales como sabor limón-picante-cebolla) un punto a tomar en cuenta es que los snacks de plátano suelen ser condimentados según su forma de corte ya sea transversal o longitudinal.

e. Enfriado

Comúnmente los snacks son colocados en tanques los cuales son diseñados para mantener al chifle fresco libre de humedad ya que este tiende a dañar al chifle.

2.2.8. Cinética de deshidratación.

La cinética de deshidratación estudia la velocidad de reacción de las propiedades en los alimentos durante los procesos tecnológicos de deshidratación. En estudios de cinéticas, los parámetros cinéticos fundamentales que se evalúan son: la velocidad de reacción de las propiedades (la masa, porcentaje de pérdida de peso y firmeza) durante el tiempo que tardan en completarse los procesos tecnológicos empleados [58].

2.2.9. Proceso de salado de snack.

2.2.9.1. Deterioro que se produce en los snacks.

El principal inconveniente que presenta la vida útil de un producto de tipo snack, es el deterioro que sufre por la materia grasa conocida como rancidez oxidativa. Dicho proceso es el causante de olores y sabores extraños, además de cambio en sus propiedades químicas y nutricionales afectando así la aceptabilidad del producto por parte de los consumidores [59]. La primera reacción de degradación del aceite y la más frecuente es la oxidación, también conocida como enranciamiento [60].

Durante el almacenamiento y distribución de los alimentos son expuestos a una serie de factores que pueden afectar su vida útil, estos factores pueden ser clasificados en intrínsecos y extrínsecos.

Los factores intrínsecos corresponden a las propiedades del producto final, tales como la actividad del agua, pH, acidez total, potencial redox, nutrientes, entre otros.

Los factores extrínsecos son aquellos factores con los que el producto final se encuentra a lo largo de la cadena alimentaria, como el sistema de procesamiento, tipo de empaque y luz [61].

Es necesario entender como la interacción de estos factores causa el deterioro de los alimentos, limitando su vida útil. El deterioro puede ser convenientemente clasificado en cambios ocasionados por deterioro físico, químico y microbiológico.

2.2.9.2. Deterioro físico.

Los daños físicos pueden contribuir a la partida de vida útil de un alimento entre ellos se encuentran aquellos causados por el mal manejo durante la cosecha, proceso, almacenamiento y distribución [62].

2.2.9.3. Deterioro químico.

Durante el procesamiento de alimentos, ocurre el deterioro del tejido por causas relacionadas con varios constituyentes químicos del alimento dentro del ambiente de los fluidos celulares. Estos componentes se pueden relacionar con factores externos para inducir el deterioro del alimento y disminuir la vida útil del alimento [62]. Dentro de estos factores se puede distinguir diferentes mecanismos:

- Oxidación de lípidos
- Degradación enzimática
- Pardeamiento no enzimático

2.2.9.4. Oxidación de lípidos.

Muchos alimentos contienen grasas insaturadas, las cuales están sujetas al ataque directo del oxígeno, a través del mecanismo auto catalítico de radicales libres. Esto provoca los sabores rancios en el alimento, que son independientemente rechazados por el consumidor. Los

radicales libres pueden reaccionar y decolorar pigmentos, tal como ocurre en vegetales deshidratados, pudiendo destruir las vitaminas E, C y A [62].

La velocidad de la oxidación de lípidos depende de la temperatura, de la disponibilidad de agua y de la actividad de agua. Los más susceptibles de sufrir rancidez son los alimentos secos y semi-húmedos [62].

La rancidez hidrolítica, se ocasiona por la hidrólisis de las grasas con liberación de ácidos grasos libres. En muchas grasas, la presencia de estos ácidos no produce objetables, sin embargo, en algunos alimentos, ocasiona un olor y sabor desagradable, que puede malograr un producto. Altos contenidos de humedad y temperatura ayudan a acelerar esta reacción [63]

2.2.9.5. Degradación enzimática.

La degradación enzimática comienza en el periodo de postcosecha, provocando la pérdida de la calidad del alimento. La destrucción de tejido celular del alimento libera enzimas que conducen a un mayor deterioro [62].

2.2.9.6. Pardeamiento no enzimático.

Este mecanismo es el resultado de la reacción entre componentes reducidos (como glucosa, fructosa y galactosa) y proteínas o aminoácidos. En algunos casos este tipo de reacción es deseado y provocado intencionalmente. Sin embargo, cuando se produce en forma involuntaria se generan algunos aspectos indeseables, como sabores desagradables y cambios en el color [62].

Los factores ambientales que controlan este tipo de reacción son la temperatura, pH y actividad del agua. La velocidad de este tipo de reacción es más sensible a la temperatura que al deterioro causado por rancidez. En productos secos la velocidad de reacción se cuadruplica con un aumento de 10°C en la temperatura de almacenamiento. En alimentos en que ambas reacciones pueden ocurrir, el pardeamiento no enzimático predomina a altas temperaturas, mientras que la rancidez lo hará a bajas temperaturas. Por lo tanto, durante el procesamiento, el alimento se debe exponer lo menos posible a altas temperaturas para minimizar este tipo de deterioro, que puede acortar su vida útil. El mayor control del pardeamiento no enzimático

es por medio del contenido de agua del alimento, a menor contenido de agua, más lenta será la velocidad de reacción [62].

2.2.9.7. Otras reacciones

Otras reacciones químicas que ocasionan el deterioro de los alimentos incluyen la destrucción térmica de algunas vitaminas, como la vitamina A, B y C. El efecto de la luz sobre pigmentos, tal como ocurre en la decoloración de la clorofila, la oxidación directa de la vitamina C y de pigmentos carotinoides. Lo importante de estas reacciones es definir el punto en que se dará fin a la vida útil. En muchos casos la información debe ser confirmada con pruebas sensoriales para que el punto de deterioro sea escogido [62].

2.2.10. Color espacio Ciel*a*b*.

El espacio de color CIELAB, también referido como espacio CIEL*a*b*, es actualmente uno de los espacios de color más populares y uniformes usados para evaluar el color en el área de alimentos [64].

Es un espacio de color ampliamente usado porque correlaciona los valores numéricos de color consistentemente con la percepción visual humana. Investigadores y fabricantes lo usan para evaluar los atributos de color, identificar inconsistencias, y establecer tolerancias de color [65].

La tolerancia de color, se puede definirla como la máxima diferencia de color admitida de los productos de fabricación en relación a un estándar que el consumidor considera ideal. Usando las coordenadas L*a*b*, los usuarios pueden correlacionar las diferencias de color numéricas a sus propias evaluaciones visuales. Los valores de tolerancia deberían ser definidos internamente o entre el proveedor y el consumidor y usados en control de calidad para determinar si la muestra pasa o no el proceso de inspección [65].

El espacio de color CIELAB, es un sistema cartesiano formado por 3 ejes, un eje vertical (L*) y dos ejes horizontales (a* y b*) [66]. El eje vertical L*, representa la medida de luminosidad de un color variando desde cero para un negro hasta 100 para un blanco. El eje horizontal a*, representa una medida del contenido de rojo o de verde de un color. Si un color

tiene rojo, a^* será positiva, mientras que, si un color tiene verde, a^* será negativa. El eje horizontal b^* , perpendicular al eje a^* , representa una medida del contenido de amarillo o de azul de un color. Valores positivos de b^* indican contenido de amarillo, mientras valores negativos de b^* indican contenido de azul [66].

2.2.11. Impregnación al vacío.

La impregnación a vacío de un producto poroso, consiste en el intercambio del gas interno y/o líquido ocluido en los poros abiertos por una fase líquida externa, debido a la acción de mecanismos hidrodinámicos promovidos por cambios de presión. La operación se lleva a cabo en dos etapas que comienzan cuando el alimento se sumerge en el líquido de impregnación. La primera de ellas se refiere al momento en el que se impone en un sistema cerrado una presión inferior a la atmosférica. Esto tiene como consecuencia la extracción del aire que se encuentra en los poros del alimento ya que el gas intenta equilibrarse con la presión impuesta [67].

El proceso de impregnación a vacío (IV) es la técnica aplicada por la IM, que promueve cambios composicionales en alimentos porosos y mejora propiedades físicas como el color y la textura; así como, permite la incorporación de CA, generando un valor agregado en el producto final a través de la acción del mecanismo hidrodinámico (MHD), como un proceso de transporte de materia en un sistema sólido poroso-líquido [68].

2.2.12. Cinética.

La cinética del secado basa los estudios en los cambios de la cantidad promedio de humedad con el tiempo, contrario a lo que describe la dinámica del secado que describe los cambios de temperatura y humedad [69].

Así la cinética del secado describe la cantidad de humedad evaporada, el tiempo. El consumo de energía, etc. Sin embargo, el cambio de humedad depende de la transferencia de calor y de masa entre la superficie del cuerpo, el ambiente y el interior de material a secar [69].

El secado es una operación que tiende a reducir el contenido de humedad de un producto y que se lleva a cabo por lo general mediante aire caliente. La deshidratación es una técnica adecuada para preservar los productos agrícolas y a la vez para reducir los costos de empaque,

transporte y almacenamiento. Consiste en remover la humedad, lo cual impide el crecimiento de bacterias y hongos que deterioran la calidad del alimento. Aunque el proceso de secado es más rápido a medida que sea mayor la temperatura, todos los materiales orgánicos son sensibles a la temperatura, más que todo en sus propiedades organolépticas y su valor nutricional [70].

La mayoría de los modelos de secado se basan en las condiciones de equilibrio entre el material o adsorbente y el agua o adsorbato. Para ello se requiere definir las isotermas de desadsorción que dependen de su capacidad de retener la humedad, variable que se determina por medio de la actividad del agua. Las isotermas de desadsorción describen el comportamiento de la actividad del agua a una temperatura definida y a diferentes contenidos de humedad en condiciones de equilibrio [70].

2.2.13. Análisis sensorial.

Es el análisis estrictamente normalizado de los alimentos que se realiza con los sentidos. Se emplea la palabra "normalizado", porque implica el uso de técnicas específicas perfectamente estandarizadas, con el objeto de disminuir la subjetividad en las respuestas [71].

Las empresas lo usan para el control de calidad de sus productos, ya sea durante la etapa del desarrollo o durante el proceso de rutina. Por ejemplo, si cambian un insumo es necesario verificar si esto afecta las características sensoriales del producto y por ende su calidad. Ese es un buen momento para hacer un análisis y cotejar entre el producto anterior y el nuevo [71]. Cuando se diseña una prueba sensorial se deben tener en cuenta aspectos como el propósito del estudio, el tipo de prueba, el objetivo de la prueba, el tipo de persona que participa en el estudio [72].

La evaluación sensorial comprende un conjunto de técnicas para una medición precisa de las respuestas humanas a los alimentos y minimiza los efectos potencialmente sesgados de la identidad de marca y otra información que pueda tener influencia en percepción del consumidor [73]. En cuanto al tipo de prueba que se aplica, se debe establecer si es necesario el uso de escala y las características de la misma; si se quiere un perfil sensorial (conocer todos los atributos sensoriales que presenta un alimento), es necesario definir cuidadosamente los atributos sensoriales y la manera de evaluarlos [72].

2.2.14. Marco referencial.

Según estudios realizados por [74], en el caso de manzanas enriquecidas, existe una producción en Chile de alimentos enriquecidos en que las que rodajas de manzana son sumergidas en soluciones de canela, frambuesa y maqui. Posteriormente estas son deshidratadas bajo condiciones de vacío. Para el caso de alimentos funcionales enriquecidos en polifenoles, estos se prefieren debido a que una dieta rica en antioxidantes puede ayudar en la prevención de enfermedades degenerativas y crónicas, asimilando radicales libres en el organismo [75] [76].

Demostrando que, para la impregnación en alimentos, la aplicación de un campo eléctrico aumenta la permeabilidad de las paredes celulares del alimento, formando poros y de esta forma permitiendo una entrada más fácil de los compuestos. Dentro de la investigación “Desarrollo de probiótico portador seco manzanas para consumo como merienda víveres con la impregnación de “*Lactobacillus paracasei*” [77], determino que las rodajas de manzana se expusieron a la inmersión de agua caliente antes del proceso de secado para evitar el pardeamiento enzimático, con esto también se inactivó la microflora ingenua concuerda con la investigación [78]. La actividad del agua es como indicador de cambios microbianos y fisicoquímicos en los sistemas alimentarios con baja humedad.

CAPÍTULO III

MÉTODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización.

La parte inicial de la investigación (caracterización, y pretratamientos) se lleva a efecto en la Parroquia Patricia Pilar de la ciudad de Buena Fe, la misma que está ubicada en el Km 43 vía Quevedo – Santo Domingo. La ubicación geográfica es de 0° 34' 6" de latitud sur y 79° 22' 53" de latitud oeste y a una altura de 148 metros sobre el nivel del mar.

La parte final de la investigación (efecto de la impregnación de cúrcuma y jengibre sobre el color de un snack de plátano verde) se llevó a cabo en la Microempresa Artesanal “Mister Chips” ubicada en la Parroquia Patricia Pilar Km 43 vía Quevedo – Santo Domingo, como se presenta en la Tabla 10.

Tabla 8 Condiciones meteorológicas de la Parroquia Patricia Pilar

Datos	Valores Promedio
Humedad Relativa (%)	55 %
Temperatura °C	20-24 °C
Precipitación (mm anual)	3071.26 mm
Heliofania	626 h/luz
Ubicación Geográficas	0° 34' 6" de latitud sur y 79° 22' 53" de latitud oeste y a una altura de 148 metros sobre el nivel del mar

Fuente: Investigación propia

Elaboración: Autores

3.2. Tipo de investigación.

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación fue necesario el uso de la investigación exploratoria, descriptiva y experimental, las cuales permiten la evaluación del efecto de impregnación de cúrcuma (*cúrcuma longa*) y jengibre (*zingiber officinale*) sobre el color de un snack de plátano verde (*musa paradisiaca*).

3.2.1. Investigación Exploratoria.

En la investigación se explora cual será velocidad de impregnación a vacío de cúrcuma y jengibre en una matriz sólida como lo es el chifle, mediante un estudio de la cinética de absorción. Además, explora el efecto que provoca el almacenamiento a condiciones aceleradas 75% HRE y 85% HRE a 22 °C por cinco días, sobre la textura y color del chifle.

3.2.2. Investigación Descriptiva.

La investigación describe los posibles cambios de color que se producen al someter al chifle a procesos de impregnación a vacío de curcuma y jengibre a diferentes concentraciones aplicando una presión de 5 pulgHg por un tiempo de 10 min, estableciendo además cuál de los colorantes utilizados cúrcuma y jenibre nos muestra mejores resultados.

3.2.3. Investigación experimental.

La diferencia que presenten los ensayos de impregnación tanto en la concentración de cúrcuma, jengibre y color inicial del producto se evaluarán mediante un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con una significancia del 95%.

La diferencia de color (medido físicamente) textura (medido sensorialmente) que presenten las muestras durante el periodo de almacenamiento se evaluaran mediante un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con una significancia del 95%

Estos análisis se realizarán en el software estadístico STATGRAPHICS; versión 16.1.03.

3.3. Método de Investigación.

3.3.1. Materia prima.

En la investigación se utiliza como materia prima el plátano verde de la variedad Hartón (*musa paradisiaca AAB*) que fue adquirido en el recinto el Moralito de la parroquia Patricia Pilar.

La cúrcuma y el Jengibre fue Adquirido en el Super Mercado Aldean ubicado en la ciudad de Santo Domingo Dirección: Antizana 145 y, C. Ejército Ecuatoriano, Santo Domingo 230150.

3.3.2. Descripción del proceso de elaboración de chifle.

En el anexo A se presenta el diagrama de flujo en donde se expone cada uno de los pasos que comprende la elaboración de snack de plátano verde con impregnación al vacío, que permiten a la obtención del producto final.

3.3.2.1. Descripción del proceso de impregnación.

- Implementación de la máquina de impregnación a vacío

Como parte de la investigación se construye una cámara de impregnación al vacío como se puede observar en la Fotografía 3. Esta consta de un vacuómetro marca Vacuubrand, una cámara de vacío de acero inoxidable, un compresor marca Embraco, el cual permite la generación del vacío. Las condiciones constantes utilizadas durante el ensayo de impregnación fueron las siguientes: presión 5 inHg; tiempo de impregnación 10 min por tratamiento.

Fotografía 3 *Cámara de impregnación al vacío*



Fuente: Investigación propia

Elaboración: Autores

3.3.2.2. Metodología de impregnación a vacío.

El proceso de impregnación se dio de la siguiente forma; una vez pelado y cortado el verde se introducen a la maquina los 100g de plátano verde (*musa paradisiaca*) correspondientes al tratamiento descrito en la tabla 10, se cierra con la tapa revisando el caucho de retención de presión que este adecuadamente, después se enciende la máquina y se espera que el vacuómetro llegue a los 5 inHg de presión, se cierra la llave de paso de presión y se apaga el motor (esto se lo realiza con el fin de que el motor no tenga desequilibrios energéticos) a partir de aquí se contabilizan los 10 min, en el transcurso de este tiempo se realizaban impulsos cada 4 min, esto con el objetivo de que la impregnación sea más eficaz, luego de a ver transcurrido los 10 min se abre la llave de paso de presión para que de esta forma salga presión contenida y poder abrir la tapa, los chifles impregnados se secan con papel absorbente y se pesan para luego ser introducirlos en un horno marca Oster con la tapa abierta por 2 minutos para evitar resequedad ya que el objetivo es solo quitarle el agua que no logro retirar el papel absorbente para luego ser sometidos a la fritura.

- Descripción del método de toma de imágenes para el análisis de color mediante software imagen J.

Para la obtención de datos estadísticos con respecto a la colorimetría se utilizó el programa Fiji en el cual podemos medir el color del chifle mediante fotografías tomadas por una cámara las cuales fueron tomadas por medio de un telefono inteligente de la marca Samsung A53 5G mediante su camara a una altura de 45 cm aplicando un zom de x2 por 64 Megapixeles de Camara.

- Diseño experimental proceso de impregnación

La diferencia que presenten los ensayos de impregnación tanto en la concentración de cúrcuma y jengibre, se evaluarán mediante un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) tabla 9 con una significancia del 95%.

Tabla 9 Esquema del análisis de varianza (DBCA) para las variables en estudio

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados medios	Razón de varianza
Tratamiento	SCT	(t-1)	7	$CMT = SCT/(t-1)$ CMT/CME
Bloque	SCB	(b-1)	1	$CMB = SCB/(b-1)$ CMB/CME
Error	SCE	(t-1) (b-1)	7	$CME = SCE/(t-1)$
			(b-1)	
Total	SCT	(b*t)-1	15	

Fuente: Autores

Elaboración: Autores

- Factores en estudio

El análisis estadístico ANOVA permite establecer diferencia estadística entre los tratamientos y de esta forma establecer la incidencia de los factores en estudio, permitiéndonos establecer los mejores tratamientos mediante la aplicación de la prueba LSD ($P > 0.05$).

Tabla 10 Descripción de los tratamientos en estudio para el proceso de impregnación

Tratamiento	Descripción
T1	5 pulgHg, 10 min, 0 mg/L de cúrcuma
T2	5 pulgHg 10 min, 7500 mg/L de cúrcuma
T3	5 pulgHg, 10 min, 15000 mg/L de cúrcuma
T4	5 pulgHg, 10 min, 30000 mg/L de cúrcuma
T5	5 pulgHg, 10 min, 0 mg/L de jengibre
T6	5 pulgHg, 10 min, 7500 mg/L de jengibre
T7	5 pulgHg, 10 min, 15000 mg/L de jengibre
T8	5 pulgHg, 10 min, 30000 mg/L de jengibre

Fuente: Autores

Elaboración: Autores

Estos análisis se realizan en el software estadístico STATGRAPHICS; versión 16.1.03. Los tratamientos a evaluarse durante esta primera etapa son 8 con tres repeticiones obteniendo un total de 24 tratamientos.

- Instrumentos de investigación Variables de estudio.

a. Cinética de impregnación.

Para el desarrollo de la cinética de impregnación de cúrcuma y jengibre se utiliza la metodología descrita por (Zheng y Moreira, 2020) con algunas modificaciones.

El ajuste de los parámetros de la cinética se realizó mediante modelamiento realizado a través del software Matlab version 2018a.

b. Determinación del Color.

Para el análisis del color de la muestra luego de la fritura se utilizará la metodología propuesta por (Köprüalan et al., 2022) con algunas modificaciones, en la cual establece el uso del espacio de color CIE $L^*a^*b^*$ y el análisis de los resultados a través del software libre ImageJ.

3.3.2.3. Evaluación de las diferencias de color, textura y sabor en condiciones de almacenamiento acelerado controlando la humedad relativa y tiempo de almacenamiento.

- Descripción del proceso de almacenamiento acelerado

Las muestras fritas e impregnadas se empacaron en fundas de polipropileno biorentado (PPB) en una cantidad de 100 gramos, estas muestras fueron embazadas para luego ser almacenadas por 5 días a dos condiciones de almacenamiento acelerado tratamientos descritos en la tabla 12 y 13 con un 75% y 85% de humedad relativa (ver anexo A).

- Diseño experimental para almacenamiento acelerado

La diferencia que presenten los ensayos de impregnación tanto en la concentración de cúrcuma y jengibre, se evaluarán mediante un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) como se indica en la Tabla 11 con una significancia del 95%.

Tabla 11 Esquema del análisis de varianza (DBCA) para las variables en estudio

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Razón de varianza
Tratamiento	SCT	(t-1)	15 CMT= SCT/(t-1)	CMT/CME
Bloque	SCB	(b-1)	3 CMB= SCB/ (b-1)	CMB/CME
Error	SCE	(t-1) (b-1)	45 CME= SCE/(t-1) (b-1)	
Total	SCT	(b*t)-1	63	

Fuente: Autores**Elaboración:** Autores**Factores en estudio**

El análisis estadístico ANOVA permite establecer diferencia estadística entre los tratamientos y de esta forma establecer la incidencia de los factores en estudio, permitiéndonos establecer los mejores tratamientos mediante la aplicación de la prueba LSD ($P > 0.05$), como se presenta en la Tabla 12 y 13.

Tabla 12 Descripción de los tratamientos en estudio para el almacenamiento (cúrcuma)

Tratamiento	Descripción
T1	Cúrcuma, 75%HRE.BPPO
T2	Cúrcuma, 75%HRE.BPPO
T3	Cúrcuma, 75%HRE.BPPO
T4	Cúrcuma, 75%HRE.BPPO
T5	Cúrcuma, 75%HRE.BPPO
T6	Cúrcuma, 75%HRE.BPPO
T7	Cúrcuma, 75%HRE.BPPO
T8	Cúrcuma, 75%HRE.BPPO
T9	Cúrcuma, 85%HRE.BPPO
T10	Cúrcuma, 85%HRE.BPPO
T11	Cúrcuma, 85%HRE.BPPO
T12	Cúrcuma, 85%HRE.BPPO
T13	Cúrcuma, 85%HRE.BPPO
T14	Cúrcuma, 85%HRE.BPPO
T15	Cúrcuma, 85%HRE.BPPO
T16	Cúrcuma, 85%HRE.BPPO

Fuente: Autores**Elaboración:** Autores

Tabla 13 Descripción de los tratamientos en estudio para el almacenamiento (jengibre)

Tratamiento	Descripción
T1	Jengibre, 75%HRE.BPPO
T2	Jengibre, 75%HRE.BPPO
T3	Jengibre, 75%HRE.BPPO
T4	Jengibre, 75%HRE.BPPO
T5	Jengibre, 75%HRE.BPPO
T6	Jengibre, 75%HRE.BPPO
T7	Jengibre, 75%HRE.BPPO
T8	Jengibre, 75%HRE.BPPO
T9	Jengibre, 85%HRE.BPPO
T10	Jengibre, 85%HRE.BPPO
T11	Jengibre, 85%HRE.BPPO
T12	Jengibre, 85%HRE.BPPO
T13	Jengibre, 85%HRE.BPPO
T14	Jengibre, 85%HRE.BPPO
T15	Jengibre, 85%HRE.BPPO
T16	Jengibre, 85%HRE.BPPO

Fuente: Autores

Elaboración: Autores

Estos análisis se realizan en el software estadístico STATGRAPHICS; versión 16.1.03. Los tratamientos a evaluarse son 8 con tres repeticiones obteniendo un total de 24 tratamientos, como se presenta en la 13 para cúrcuma y jengibre respectivamente.

- Instrumentos de investigación variables de estudio

Durante el almacenamiento se aplica la siguiente metodología para el análisis de las variables en estudio:

- a. Determinación del Color.

Para el análisis del color durante el almacenamiento acelerado se utilizará la metodología propuesta por (Köprüalan et al., 2022) con algunas modificaciones, en la cual establece el uso del espacio de color Cie L*a*b* y el análisis de los resultados a través del software libre imageJ.

a. **Determinación de las diferencias de color**

Para la determinación del color se utilizaron cámaras de plástico o guarda móvil de la marca pycca en el cual, se lo emplástico para evitar la fuga de aire y se le adapto un foco para así poder generar calor una vez se ingrese las dos soluciones y el chifle para finalmente esperar los 5 días para ver las diferencias de color.

3.3.2.4. Determinación de los cambios en la textura.

Los cambios de textura que se generaron durante el almacenamiento acelerado se evaluaron mediante un análisis sensorial realizado por 15 panelistas mediante la metodología descrita por Santosh et al. (2021).

3.4. Recursos humanos y materiales.

3.4.1. Recursos humanos.

Se cuenta con el siguiente recurso humano para la elaboración del proyecto:

- Ricardo Jahir Bastidas Zambrano (Tesista)
- Alexis Heriberto Tóala Mendoza (Tesista)
- Dr. Luis Alberto Egas Astudillo PhD. (Tutor)

3.4.2. Recursos materiales.

Se describe a continuación los recursos, insumos y equipos necesarios para la elaboración del producto final, en la Tabla 14 se detalla cada uno.

Tabla 14 Recursos, insumos y equipos

RECURSOS	INSUMOS	EQUIPOS
Cuchillo	Aceite	Freidora industrial
Cuchara	Cúrcuma en polvo	Cortadora industrial
Tanques	Jengibre en polvo	Caja Fotográfica
Palas	Agua	Software imagen
Bowl	Sal en grano	Bomba de vacío
Bandejas de acero inoxidable	Plátano	Selladora de bolsas
Laminas protectoras	Fundas de polipropileno	
Ventilador		
Toallas absorbentes		
Termómetro		
Balanza digital		
Guantes		
Cofia		
Mandil		
Mascarilla		

Fuente: Autores

Elaboración: Autores

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Cinética de impregnación a vacío

- Jengibre

En la Tabla 15 se muestra los valores obtenidos de la diferencia de peso obtenida durante el proceso de impregnación a vacío de jengibre, estos valores fueron tratados de tal forma que el T1(0% de jengibre) ejercía como control es decir nos muestra la cantidad de agua que el chifle absorbe a 5pulgHg durante 10 min con impulsos cada cuatro min, de esta forma se procedió a restar estos valores de peso obtenidos frente a los valores de peso obtenidos en los demás tratamientos los resultados se muestran en la Tabla 16, con estos valores se realizó la cinética de impregnación que se muestra en la Tabla 17.

Tabla 15 Valores medios y desviación estándar obtenidos, de la diferencia de peso (g) durante el proceso de impregnación a vacío de Jengibre en chifle.

Tiempo (min)	T1			T2			T3			T4		
	$\bar{X}$	σ		$\bar{X}$	σ		$\bar{X}$	σ		$\bar{X}$	σ	
10	46.33	± 6.5		48.7	± 2.1		50.33	± 4.16		50.33	± 29.0	
20	52.7	± 6.4		45	± 5.6		47.7	± 1.15		45.0	± 14.7	
30	60.33	± 5.0		38.33	± 9.6		40	± 3.46		49.7	± 17.0	
40	71.7	± 12.6		44.33	± 8.1		55.33	± 11.24		52.33	± 17.0	
50	68.33	± 6.5		48.33	± 7.6		60.33	± 11.24		55.33	± 17.2	
60	80	± 5.0		55	± 5.6		62.7	± 9.29		58.33	± 18.0	

n=3; $\bar{X}$ = media; σ = desviación estándar

T1=Tratamiento control (agua)

T2= 7.5 % de Jengibre

T3= 15 % de Jengibre

T4= 30 % de Jengibre

Tabla 16 Valores de jengibre a diferentes concentraciones y agua Absorbido (g) por el chifle durante el proceso de impregnación a vacío.

Agua	7.5%	15%	30%
46.3	2.3	4.0	4.0
52.7	7.7	5.0	7.7
60.3	22.0	20.3	10.7
71.7	27.3	16.3	19.3
68.3	20.0	8.0	13.0
80.0	25.0	17.3	21.7

Gráfico 1 Modelo cinético de absorción de agua durante el proceso de impregnación a vacío.

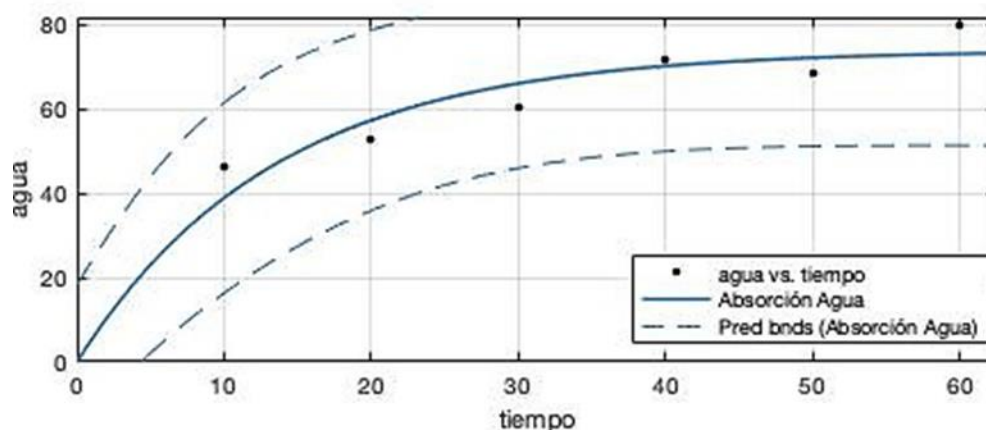


Tabla 17 Coeficientes y ajuste del modelo cinético de absorción de jengibre durante el proceso de impregnación a vacío.

Tratamientos	Modelo cinético	Co (g)	k (g/min)	R ²
T1	$Co*(1-\exp(-k*t))$	73.85a	0.07472a	0.78
T2	$Co*(1-\exp(-k*t))$	37.16c	0.02055c	0.75
T3	$Co*(1-\exp(-k*t))$	16.91d	0.04281b	0.39
T4	$Co*(1-\exp(-k*t))$	44.48b	0.01009d	0.8

Letras diferentes muestran diferencia significativa ($P < 0.05$)

n=3 ; Co= concentración inicial de colorante absorbido(g)

k = velocidad de absorción (g/min)

T1=Tratamiento control (agua)

T2= 7.5 % de Cúrcuma

T3= 15 % de Cúrcuma

T4= 30 % de Cúrcuma

En el gráfico 1 se puede observar la cinética de absorción del agua en el chifle durante el proceso de impregnación a 5 pulgHg x10 min con impulsos cada 4 min, de igual modo las diferentes graficas de los modelos obtenidos para los T1, T2, T3 y T4 se encuentran en el anexo 11 B.

Los valores de Co (concentración en g de colorante absorbido, g), k (velocidad de absorción, g/min) muestran una diferencia significativa ($P < 0.05$), en función al tratamiento elaborado así, se tiene que el tratamiento uno hace referencia a la cantidad de agua que los 100g de

chifle pueden absorber como máximo llegando a un valor de 73.85 g de agua absorbida además nos muestra la velocidad con la que el agua es absorbida (0.07472 g/min) y el ajuste obtenido $R^2=0.78$, se pudo apreciar que a medida que la concentración de jengibre se incrementa la velocidad de absorción (k) disminuye, a excepción de T3 (15% de cúrcuma en solución), observándose el mismo comportamiento en Co, este comportamiento inusual de T3 quizás se deba como se observa en el ajuste $R^2=0.39$ a la mala toma de datos o error en el pesado de los mismos, por otra parte se establece que una saturación mayor de colorante T4(30% de jengibre en solución) disminuye la velocidad de absorción del mismo ($k=0.01009$ g/min). Los resultados expuestos concuerdan con (Figuerola et al., 2015) [79], el cual menciona que a medida que la saturación de rojo 40 (R40) está presente en un medio la velocidad de absorción del colorante se reduce.

- **Cúrcuma**

En la Tabla18 se muestra los valores obtenidos de la diferencia de peso obtenida durante el proceso de impregnación a vacío de cúrcuma, estos valores fueron tratados de tal forma que el T1(0% de cúrcuma) ejercía como control es decir nos muestra la cantidad de agua que el chifle absorbe a 5pulgHg durante 10 min con impulsos cada cuatro min, de esta forma se procedió a restar estos valores de peso obtenidos frente a los valores de peso obtenidos en los demás tratamientos los resultados se muestran en la Tabla 19, con estos valores se realizó la cinética de impregnación que se muestra en la Tabla 20.

Tabla 18 Valores medios y desviación estándar obtenidos, de la diferencia de peso (g) durante el proceso de impregnación a vacío de Cúrcuma en chifle.

Tiempo (min)	T1			T2			T3			T4		
	$\bar{X}$	σ		$\bar{X}$	σ		$\bar{X}$	σ		$\bar{X}$	σ	
10	46.50	± 5.13		52.67	± 0.58		54.33	± 2.08		53.33	± 1.53	
20	58.50	± 10.61		66.00	± 5.00		72.33	± 5.03		87.00	± 2.65	
30	61.67	± 1.53		48.67	± 6.66		83.00	± 2.83		91.33	± 1.53	
40	63.67	± 3.21		52.67	± 4.04		87.50	± 2.12		94.33	± 0.58	
50	69.00	± 1.00		55.00	± 5.66		91.50	± 2.12		107.33	± 0.58	
60	75.33	± 2.52		61.33	± 3.79		95.50	± 2.12		120.00	± 2.00	

n=3 ; $\bar{X}$ =media; σ = desviación estándar

T1=Tratamiento control (agua)

T2= 7.5 % de Cúrcuma

T3= 15 % de Cúrcuma
T4= 30 % de Cúrcuma

Tabla 19 Valores de Cúrcuma a diferentes concentraciones y agua Absorbido (g) por el chifle durante el proceso de impregnación a vacío.

Agua	7.5%	15%	30%
46.5	6.2	7.8	6.8
58.5	7.5	13.8	28.5
61.7	13.0	21.3	29.7
63.7	11.0	23.8	30.7
69.0	14.0	22.5	38.3
75.3	14.0	20.2	44.7

Gráfico 2 Modelo cinético de absorción de jengibre durante el proceso de impregnación a vacío.

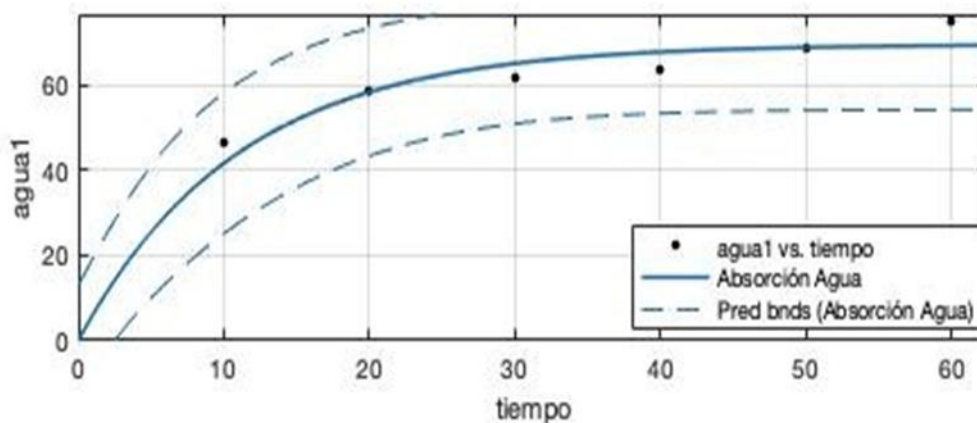


Tabla 20 Coeficientes y ajuste del modelo cinético de absorción de Cúrcuma durante el proceso de impregnación a vacío.

Tratamientos	Modelo cinético	Co (g)	k (g/min)	R ²
T1	$Co*(1-\exp(-k*x))$	69.73a	0.09132a	0.82
T2	$Co*(1-\exp(-k*x))$	14.97d	0.04545c	0.85
T3	$Co*(1-\exp(-k*x))$	24.15c	0.05116b	0.85
T4	$Co*(1-\exp(-k*x))$	54.72b	0.02529d	0.88

Letras diferentes muestran diferencia significativa ($P < 0.05$)

n=3 ; Coconcentración inicial de colorante absorbido(g)

k = velocidad de absorción (g/min)

T1=Tratamiento control (agua)

T2= 7.5 % de Cúrcuma

T3= 15 % de Cúrcuma

T4= 30 % de Cúrcuma

En el gráfico 2 se puede observar la cinética de absorción del agua en el chifle durante el proceso de impregnación a 5 pulgHg x10 min con impulsos cada 4 min, de igual modo las diferentes graficas de los modelos obtenidos para los T2, T3 y T4 se encuentran en el anexo 12 B.

Los valores de C_o (concentración en g de colorante absorbido, g), k (velocidad de absorción, g/min) muestran una diferencia significativa ($P < 0.05$), en función al tratamiento elaborado así, se tiene que el tratamiento uno hace referencia a la cantidad de agua que los 100g de chifle pueden absorber como máximo 69.73 g de agua. Además, muestra la velocidad con la que el agua es absorbida (0.09132 g/min) y el ajuste obtenido $R^2=0.82$.

Por otro lado se pudo apreciar que a medida que la concentración de cúrcuma se incrementa la velocidad de absorción (k), muestra un comportamiento de decrecimiento ($T4= 0.02529$ g/min) y cuando la concentración baja 15% de cúrcuma ($T3$) la velocidad de absorción aumenta (0.05116 g/min), se cree que este fenómeno ocurre por efecto de la sobresaturación del chifle es decir a medida que aumenta la concentración de cúrcuma en solución la velocidad de absorción del colorante decrece por la saturación propia del sistema, en tanto que mientras el sistema no se sature la velocidad de absorción ira en aumento, esto es corroborado por los valores de concentración inicial del colorante (C_o) los cuales tienen una relación directa con la concentración de cúrcuma en solución.

Además de la concentración y saturación del colorante en una matriz (Ensuncho et al., 2015) [80] menciona que un aspecto fundamental en la absorción de un colorante son las áreas superficiales esta influirá de forma directa como fue el caso de la desorción del colorante amarillo anaranjado en solución acuosa utilizando carbones activados.

a. Cambios de Luminosidad, Tono y Cromaticidad a 75% de HRE

- Jengibre

En la tabla 21 se muestran los valores de la luminosidad (L^*), coordenadas de color a^* y b^* , cromaticidad (C^*) y tonalidad (H^*) del chifle impregnado T, almacenado a condiciones

aceleradas de humedad relativa (75% HRE), los valores encontrados para el resto de tratamientos se muestran en el anexo 11B.

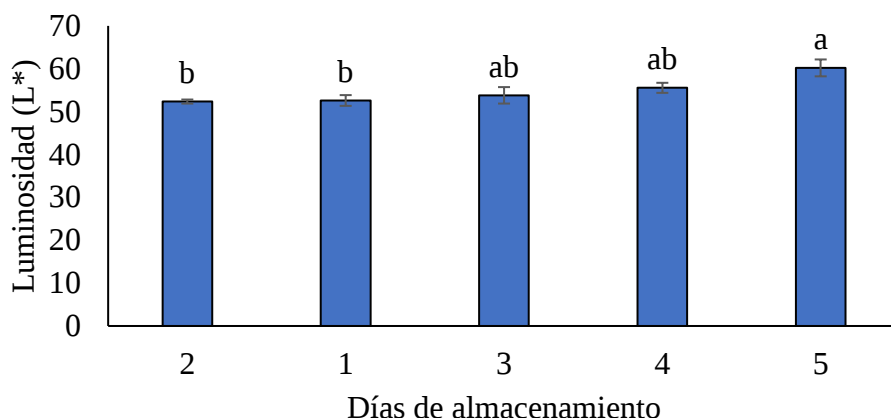
Tabla 21 Valores medios y desviación estándar obtenidos, de la valoración de color durante el proceso de almacenado en condiciones aceleradas de humedad relativa (75% HRE)

	D1		D2		D3		D4		D5	
	$\bar{X}$	σ	$\bar{X}$	σ	$\bar{X}$	σ	$\bar{X}$	σ	$\bar{X}$	σ
L*	54.7 ±	3.5	54.7 ±	2.1	42.5 ±	3.5	58.5 ±	2.1	58.5 ±	0.7
a*	14.3 ±	1.2	14.0 ±	2.6	23.5 ±	0.7	15.5 ±	0.7	12.5 ±	0.7
T1J b*	43.5 ±	7.8	44.0 ±	1.4	50.5 ±	3.5	41.0 ±	1.4	58.0 ±	4.2
H*	75.2 ±	3.1	74.1 ±	1.3	61.7 ±	3.8	72.3 ±	4.5	77.8 ±	0.2
C*	55.3 ±	5.8	45.7 ±	1.2	51.7 ±	4.5	48.4 ±	10.3	59.3 ±	4.3

n=3 ; $\bar{X}$ =media; σ = desviación estándar; D1-D5 = días de almacenamiento

T1J= tratamiento control para jengibre.

Gráfico 3 Variación de la L* durante el almacenamiento acelerado (75% HRE) en los diferentes tratamientos de impregnación de Jengibre.

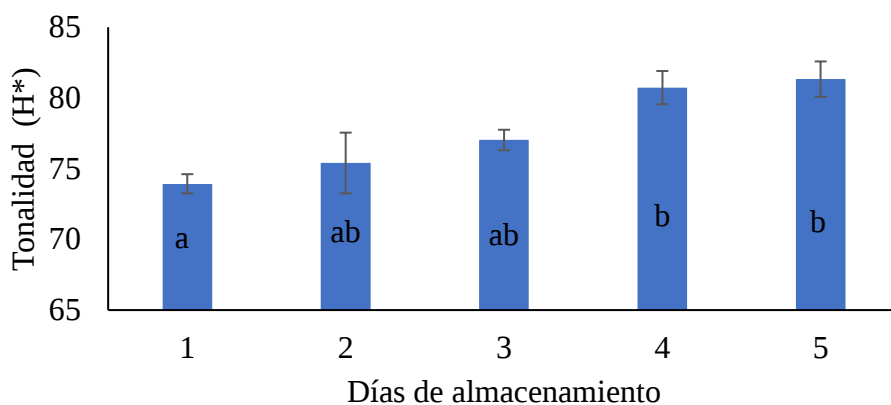


Letras diferentes muestran diferencia significativa ($P < 0.05$)

En la gráfica 3 se observa claramente el incremento de L* el cual es estadísticamente significativo ($P < 0.05$), el incremento de luminosidad es gradual a medida que se incrementa el tiempo de almacenamiento logrando, mayor incremento (55.55 L*) en el día cinco de almacenamiento a 75% de HRE, este incremento es de espera se debido a la efectividad del tratamiento.

(Morales Torres and Sánchez Herrera, 2021) [81] menciona que el cambio de luminosidad que se produce durante un periodo de almacenamiento es uno de los parámetro que mas cambio se puede observar debido a los cambios propios de degradación que se pudieran dar.

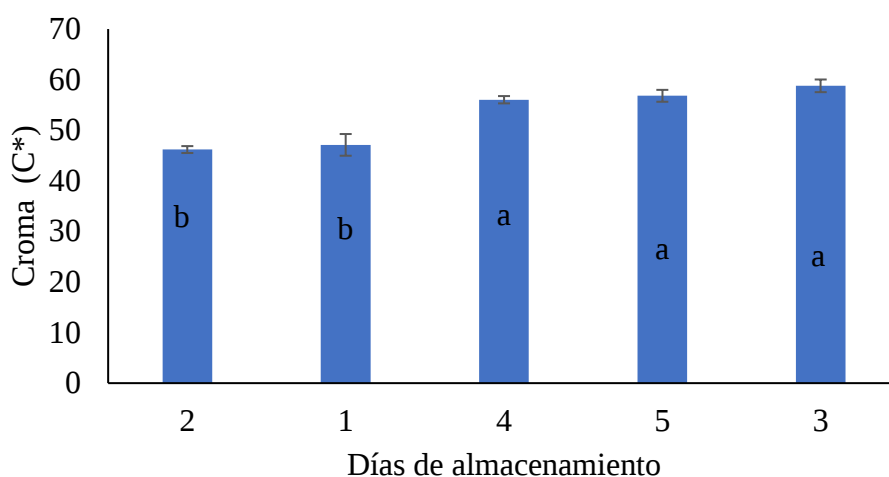
Gráfico 4 Variación de la H^* durante el almacenamiento acelerado (75% HRE) en los diferentes tratamientos de impregnación de Jengibre.



Letras diferentes muestran diferencia significativa ($P < 0.05$)

En la gráfica 4 se observa claramente el incremento de H^* el cual es estadísticamente significativo ($P < 0.05$), el incremento de tonalidad es gradual a medida que se incrementa el tiempo de almacenamiento logrando, mayor incremento (81.3 H^*) en el día cinco de almacenamiento a 75% de HRE, este incremento es de espera se debido a la efectividad del tratamiento. Igualmente (Morales Torres and Sánchez Herrera, 2021) [81] menciona que la tonalidad de los snack de fruta cambian en función del tratamiento es decir si impregnamos minerales como es el calcio esto no influenciara en el color, pero si aplicamos un colorante esto cambiara por el hecho de que el colorante entra en la matriz porosa.

Gráfico 5 Variación de la C^* durante el almacenamiento acelerado (75% HRE) en los diferentes tratamientos de impregnación de Jengibre.



Letras diferentes muestran diferencia significativa ($P < 0.05$)

En la gráfica 5 se observa claramente el incremento de C^* el cual es estadísticamente significativo ($P < 0.05$), el incremento de la cromaticidad no se muestra de forma gradual se observa que la mayor cromaticidad (58.77 C^*) se logra en el tercer día de almacenamiento y bajo las condiciones de almacenamiento acelerado de 75%, más sin embargo se mantiene es los días 4 y 5 es decir la cromaticidad con la solución de jengibre tiende a permanecer constante o llega a su limite a partir del tercer día.

De igual manera al hablar de cromaticidad esta varia en función del tiempo de almacenamiento lo cual planteado igualmente por (Morales Torres and Sánchez Herrera, 2021). [81]

- Cúrcuma

En la Tabla 22 se muestran los valores de la luminosidad (L^*), coordenadas de color a^* y b^* , cromaticidad (C^*) y tonalidad (H^*) del chifle impregnado T, almacenado a condiciones aceleradas de humedad relativa (75% HRE), los valores encontrados para el resto de tratamientos se muestran en el anexo 12A.

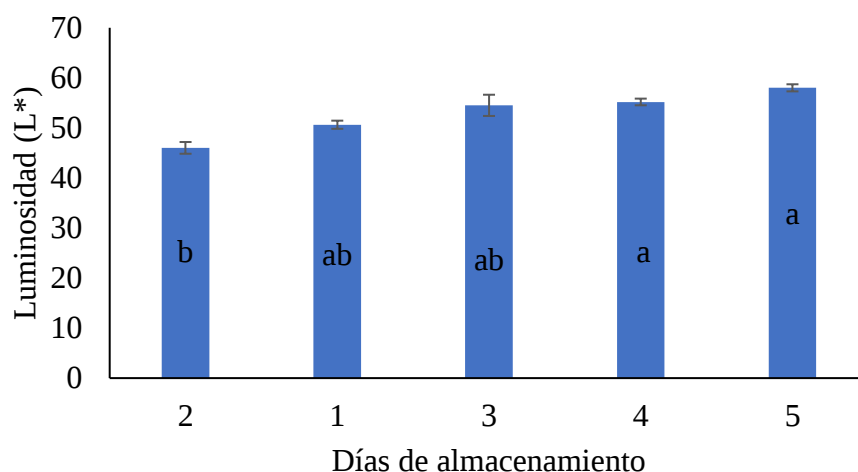
Tabla 22 Valores medios y desviación estándar obtenidos, de la valoración de color durante los días de almacenado en condiciones aceleradas de humedad relativa (75% HRE)

	D1		D2		D3		D4		D5	
	$\bar{X}$	σ	$\bar{X}$	σ	$\bar{X}$	σ	$\bar{X}$	σ	$\bar{X}$	σ
L*	55.7 ±	4.9	52.3 ±	5.1	51.7 ±	6.7	50.3 ±	1.2	68.0 ±	1.7
a*	18.3 ±	1.5	17.7 ±	1.5	13.3 ±	4.0	15.3 ±	2.9	6.0 ±	1.0
T1C b*	51.3 ±	2.1	46.7 ±	4.0	56.3 ±	3.5	36.0 ±	10.4	64.7 ±	2.9
H*	70.3 ±	2.2	69.2 ±	2.6	76.6 ±	4.6	66.3 ±	5.9	84.7 ±	0.9
C*	54.5 ±	1.5	49.9 ±	3.7	58.0 ±	2.6	39.3 ±	10.1	64.9 ±	2.9

n=3 ; $\bar{X}$ =media; σ = desviación estándar

T1J=Tratamiento control (agua) en cúrcuma

Gráfico 6 Variación de la L* durante el almacenamiento acelerado (75% HRE) en los diferentes tratamientos de impregnación de cúrcuma

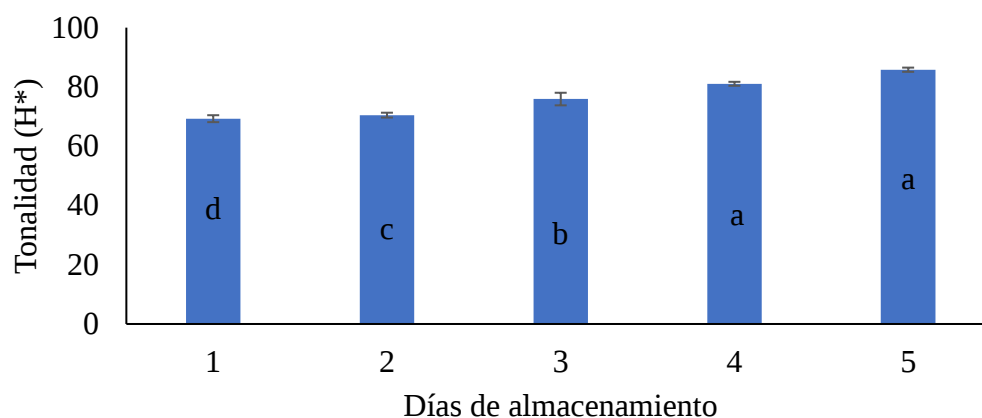


Letras diferentes muestran diferencia significativa ($P < 0.05$)

En la gráfica 6 se observa claramente el incremento de L* el cual es estadísticamente significativo ($P < 0.05$), el incremento de luminosidad es gradual y se mantienen estable a partir del día 4 llegando a su máximo valor el día 5 (58 L*) bajo condiciones de almacenamiento a 75% de HRE, este incremento es de espera se debido a la efectividad del tratamiento. (Morales Torres and Sánchez Herrera, 2021) [81] menciona que el cambio de luminosidad que se produce durante un periodo de almacenamiento es uno de los parámetro

que más cambio se puede observar debido a los cambios propios de degradación que se pudieran dar.

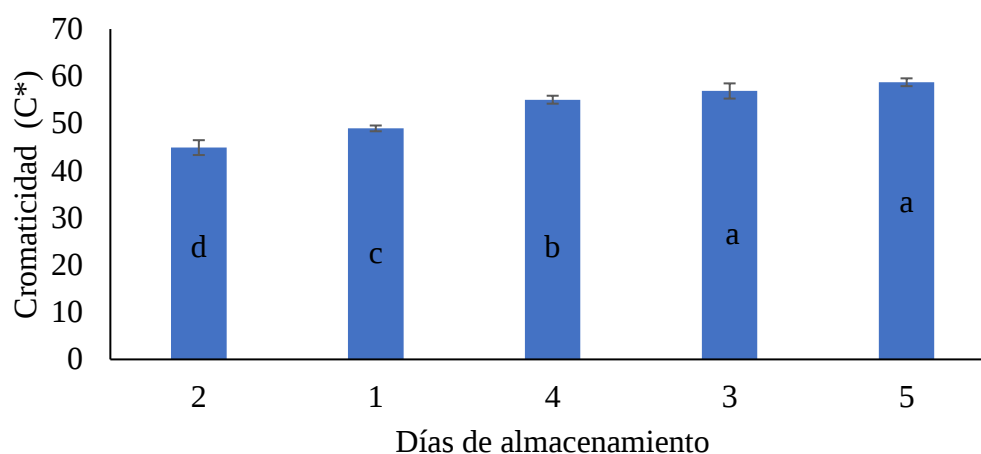
Gráfico 7 Variación de la H^* durante el almacenamiento acelerado (75% HRE) en los diferentes tratamientos de impregnación de cúrcuma.



Letras diferentes muestran diferencia significativa ($P < 0.05$)

En la gráfica 7 se observa claramente el incremento de H^* el cual es estadísticamente significativo ($P < 0.05$), el incremento de tonalidad es gradual y se comporta exactamente igual que la luminosidad llegando a un valor máximo de (81 H^*) bajo condiciones de almacenamiento a 75% de HRE, este incremento es de espera se debido a la efectividad del tratamiento. Igualmente (Morales Torres and Sánchez Herrera, 2021) [81] menciona que la tonalidad de los snack de fruta cambian en función del tratamiento es decir si impregnamos minerales como es el calcio esto no influenciara en el color, pero si aplicamos un colorante esto cambiara por el hecho de que el colorante entra en la matriz porosa.

Gráfico 8 Variación de la C^* durante el almacenamiento acelerado (75% HRE) en los diferentes tratamientos de impregnación de cúrcuma



Letras diferentes muestran diferencia significativa ($P < 0.05$)

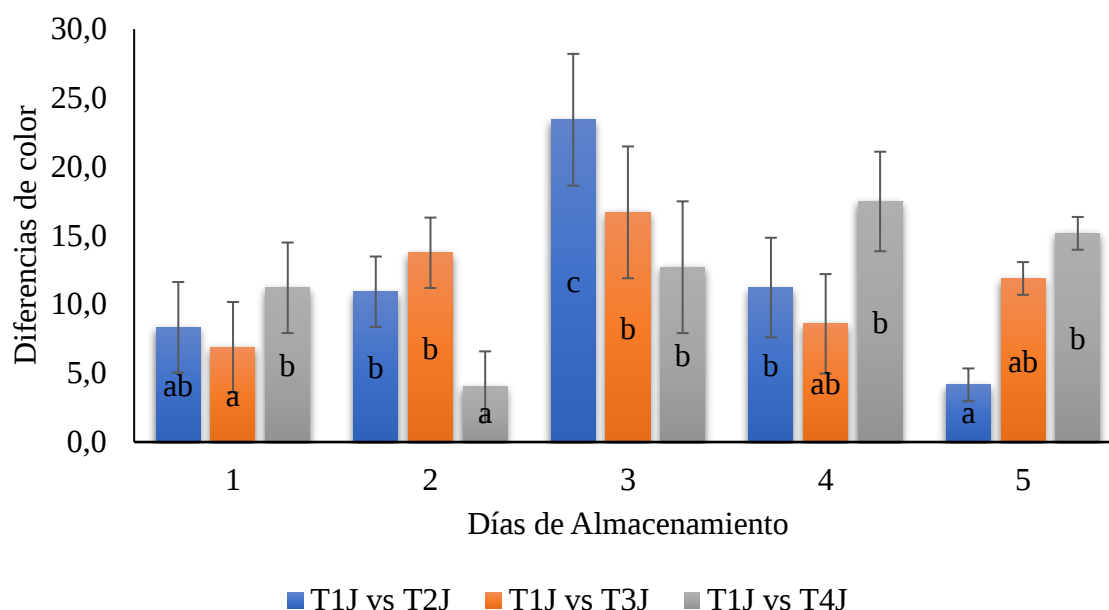
En la gráfica 8 se observa claramente el incremento de C^* el cual es estadísticamente significativo ($P < 0.05$), el incremento de la cromaticidad no se muestra de forma gradual se observa que la mayor cromaticidad (58.7 C^*), se logra en el quinto día de almacenamiento y bajo las condiciones de almacenamiento acelerado de 75%, más sin embargo se mantiene es los días 3 y 5 es decir la cromaticidad con la solución de jengibre tiende a permanecer constante o llega a su limite a partir del tercer día. De igual manera al hablar de cromaticidad esta varia en función del tiempo de almacenamiento lo cual planteado igualmente por (Morales Torres and Sánchez Herrera, 2021). [81]

- Evaluación de las diferencias de color durante el almacenamiento

Para la evaluación de la diferencia de color se tomó como patrón el color del chifle procedente de T1J (0% de Jengibre en solución) y T1C (0% de Jengibre en solución) para luego comparados frente a los demás tratamientos, los resultados de esta comparación se observan en las gráficas de la 9 a la gráfica 12.

- a. Chifle impregnado con jengibre almacenado a 75% de HRE

Gráfico 9 Valores de diferencia de color entre tratamientos impregnados con jengibre a condicione de almacenamiento de (75% HRE)



Letras diferentes muestran diferencia significativa ($P < 0.05$)

En la gráfico 9 se muestra las tres comparaciones realizadas entre los tratamientos planteados para evaluar las diferencias de color encontradas en las muestras durante el almacenamiento acelerado a 75% de HRE, la diferencias encontradas presentan significancia ($P < 0.05$), así se tiene para la comparativa entre el tratamiento T1J Vs T2J se muestra que a medida que los días de almacenamiento transcurren esta diferencia presenta un punto máximo y luego decrece, siendo este punto máximo en el día 3 de almacenamiento ($\Delta E^* = 23.6$ puntos) para el tratamiento T1J vs T2J el punto máximo fue de 16 puntos. De acuerdo con Rao, M et al., 2015 el ojo humano detecta cambios de color cuando las diferencias de color (ΔE^*) son de ($1 < \Delta E^* > 4$) mostrando que efectivamente los tratamientos sufrieron cambios de color muy significativos que fue el objetivo del trabajo

Por otro lado, en lo referente a la comparativa T1J vs. T4J el comportamiento es variado la mayor diferencia se presenta en el días corto en base a los experimentado se puede decir que además de las condiciones de almacenamiento y la incidencia de la luz a las muestras contrarrestadas por la barrera que ofrece el biopolímero que contiene las muestras otro factor

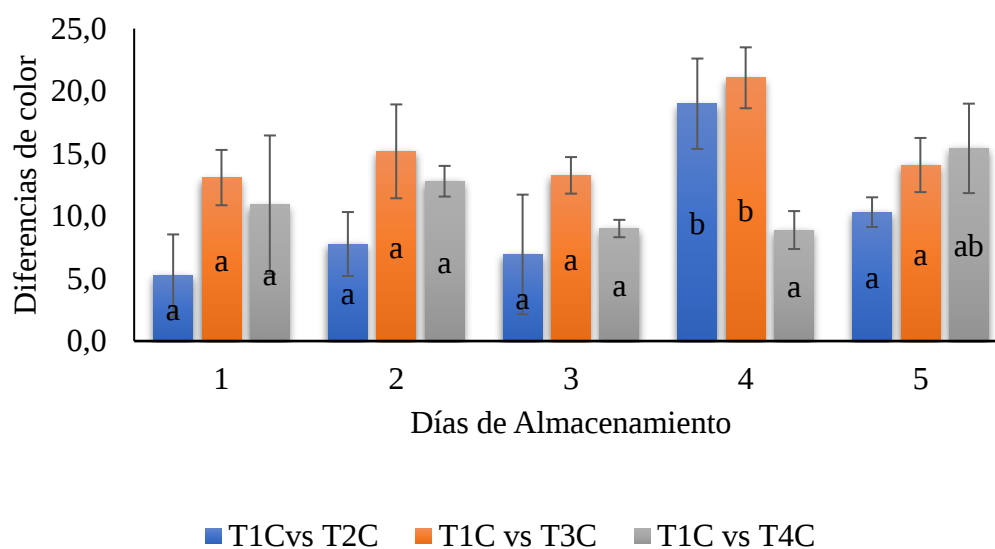
importante en las diferencias encontradas es la concentración de cúrcuma en cada uno de los tratamientos que fueron comparados vs. el patrón (T1J).

Como se puede establecer de acuerdo a los resultados obtenidos cuando se utiliza cúrcuma como colorante la incidencia máxima en la diferencia de color se establece en el tercer día de almacenamiento.

Quizás este descenso en la diferencia de color encontrada cuando el chifle es tratado con cúrcuma se debe a la homogenización del color por el almacenamiento acelerado es decir las muestras tendieron a degradarse por las condiciones de almacenamiento y el color se captó como similar.

b. Chifle impregnado con Cúrcuma almacenado a 75% de HRE

Gráfico 10 Valores de diferencia de color entre tratamientos impregnados con Curcuma a condicione de almacenamiento de (75% HRE)



Letras diferentes muestran diferencia significativa ($P < 0.05$)

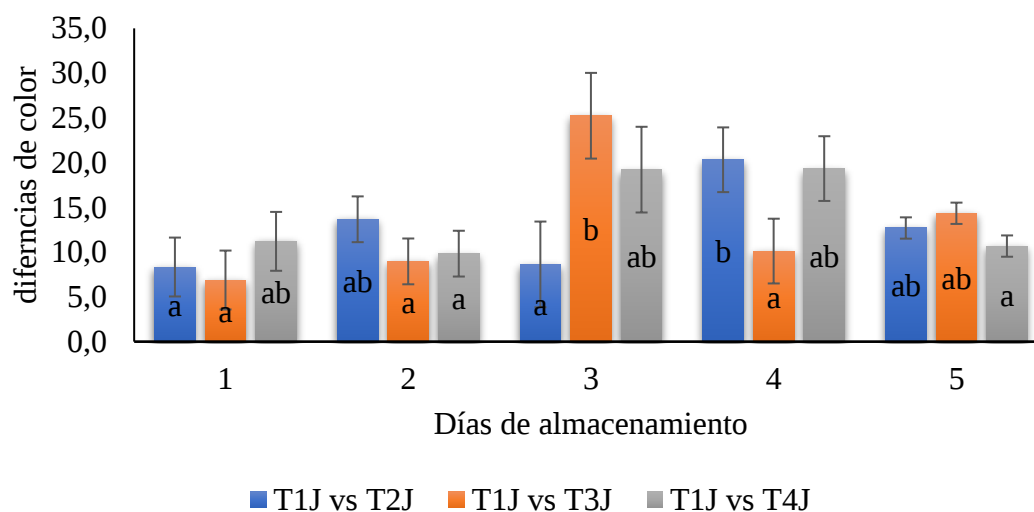
En la gráfica 10 se muestra las tres comparaciones realizadas entre los tratamientos planteados para evaluar las diferencias de color encontradas en las muestras durante el almacenamiento acelerado a 75% de HRE, la diferencias encontradas presentan significancia ($P < 0.05$), así tenemos que para la comparativa entre el tratamiento T1C Vs T2C se muestra

que a medida que los días de almacenamiento transcurren esta diferencia aumenta llegando a establecerse una notable diferencia en el día 4 de almacenamiento (19 puntos) más sin embargo esta diferencia se reduce en el quinto día esto quizás debido a las condiciones del empaque o exposición a la luz de las muestra que incidió en esta lectura

Por otro lado, en lo referente a la comparativa T1Cvs.T3C y T1C vs. T4C el comportamiento es similar la mayor diferencia se presenta en los días corto para la primera comparativa en tanto que en la segunda se muestra una variabilidad a lo largo de los días siendo esta diferencia mayor en el día quinto. Además de las condiciones de almacenamiento y la incidencia de la luz a las muestras contrarrestadas por la barrera que ofrece el biopolímero que contiene las muestras otro factor importante en las diferencias encontradas es la concentración de jengibre en cada uno de los tratamientos que fueron comparados vs. el patrón (T1C). Si enmarcamos los resultados obtenidos dentro de un umbral el ojo humano detecta cambio cuando las diferencias de color (ΔE^*) son de ($1 < \Delta E^* > 4$) de acuerdo con Rao, M et al., 2015 este umbral nos muestra que las diferencias encontradas son muy superiores y esto se encentra en función del almacenamiento y nivel de colorante impregnado

c. Chifle impregnado con jengibre almacenado a 85% de HRE

Gráfico 11 Valores de diferencia de color entre tratamientos impregnados con jengibre a condicione de almacenamiento de (85% HRE)



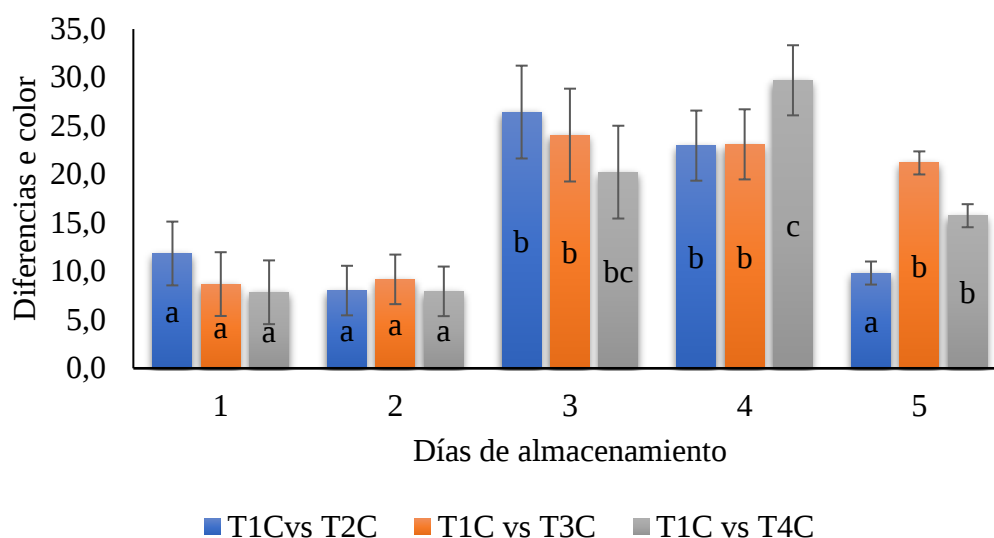
En la gráfica 11 se muestra las tres comparaciones realizadas entre los tratamientos planteados para evaluar las diferencias de color encontradas en las muestras durante el almacenamiento acelerado a 85% de HRE, la diferencias encontradas presentan significancia ($P < 0.05$), así tenemos que para la comparativa entre el tratamiento T1J Vs T3J se muestra que a medida que los días de almacenamiento transcurren esta diferencia presenta un punto máximo y luego decrece, siendo este punto máximo en el día 3 de almacenamiento (25.2 puntos) para el tratamiento T1J vs T4J el punto máximo fue de 19.2 puntos

Por otro lado, en lo referente a la comparativa T1J vs. T2J el comportamiento es variado la mayor diferencia se presenta en el días curto y tres en base a los experimentado se puede decir que además de las condiciones de almacenamiento y la incidencia de la luz a las muestras contrarrestadas por la barrera que ofrece el biopolímero que contiene las muestras otro factor importante en las diferencias encontradas es la concentración de cúrcuma en cada uno de los tratamientos que fueron comparados vs. el patrón (T1J). El comportamiento del declive de los cambios de color se muestra relacionados con el índice de emparedamiento que se pudo observa en los chifles impregnados con los dos colorantes cuando se aumentaba la HRE que de acuerdo con (Garzón-García et al., 2018) [82] lo establece en su estudio variación del color en Yacón.

Como se puede establecer de acuerdo a los resultados obtenidos cuando se utiliza cúrcuma como colorante la incidencia máxima en la diferencia de color se establece en el tercer día de almacenamiento.

Quizás este descenso en la diferencia de color encontrada cuando el chifle es tratado con cúrcuma se debe a la homogenización del color por el almacenamiento acelerado es decir las muestras tendieron a degradarse por las condiciones de almacenamiento y el color se captó como similar.

Gráfico 12 Valores de diferencia de color entre tratamientos impregnados con Cúrcuma a condicione de almacenamiento de (85% HRE)



En la gráfica 12 se muestra las tres comparaciones realizadas entre los tratamientos planteados para evaluar las diferencias de color encontradas en las muestras durante el almacenamiento acelerado a 85% de HRE, la diferencias encontradas presentan significancia ($P < 0.05$), así se tenía que para la comparativa entre el tratamiento T1C Vs T2C se muestra que a medida que los días de almacenamiento transcurren esta diferencia aumenta aun punto máximo en el día 3 de almacenamiento (26 puntos) más, sin embargo esta diferencia se reduce en el quinto día esto quizás debido a las condiciones del empaque o exposición a la luz de las muestra que incidió en esta lectura.

Por otro lado, en lo referente a la comparativa T1Cvs.T3C y T1C vs. T4C el comportamiento es similar la mayor diferencia se presenta en el día tres para la primera comparativa en tanto que en la segunda se muestra una variabilidad a lo largo de los días siendo esta diferencia mayor en el día cuarto. Además de las condiciones de almacenamiento y la incidencia de la luz a las muestras contrarrestadas por la barrera que ofrece el biopolímero que contiene las muestras otro factor importante en las diferencias encontradas es la concentración de cúrcuma en cada uno de los tratamientos que fueron comparados vs. el patrón (T1C).

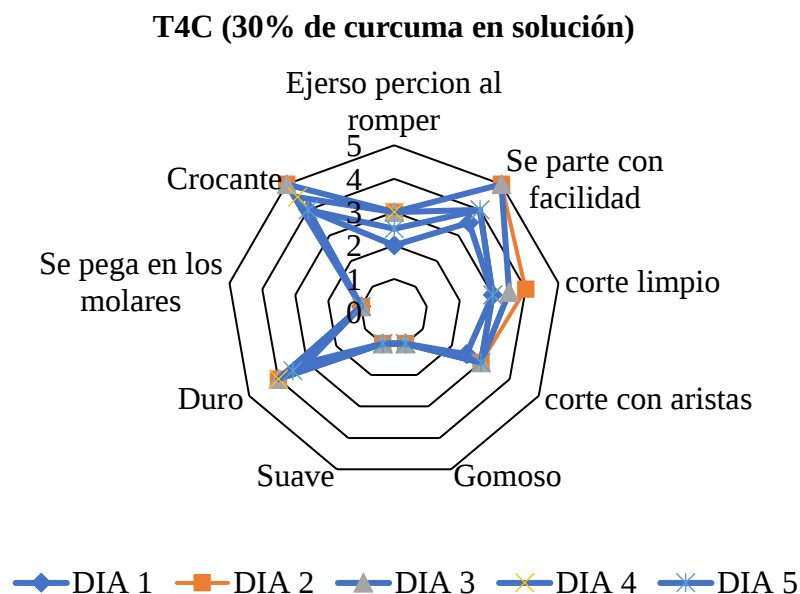
(Mathias-Rettig and Ah-Hen, 2014) [83] menciona que las diferencias de color que se producen después de los tratamientos donde incida la temperatura el color variara en función de la intensidad del tratamiento.

- Evaluación de la textura y sabor durante el almacenamiento

Al evaluar la textura del chifle impregnado con jengibre y cúrcuma, además almacenado a 75 y 85% de HRE se planteó una escala descriptiva que nos permitió conocer la textura y el sabor durante el periodo de almacenamiento en las gráficas se observa los tratamientos T4C (30% de cúrcuma en solución) y T4J (30% de jengibre en solución) en las dos condiciones de almacenamiento y los demás resultados se muestran en el Anexo 13B.

- Cambio de textura y sabor en chifle impregnado y almacenado a 75% de HRE

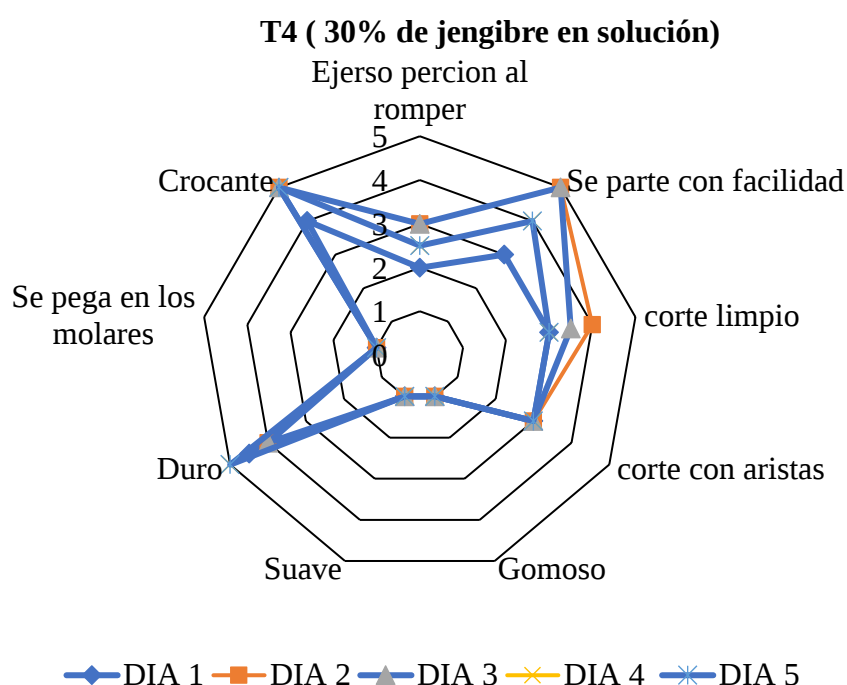
Gráfico 13 Descripción de la textura y sabor durante los días de almacenamiento en cúrcuma



La siguiente grafica 13 se detalla cómo entre el día 1 al 5 existen cambios en el snack de plátano. En el día 1 por ejemplo se puede notar como no se necesita de mucha presión al romper el chifle por lo tanto nos da a entender que se parte con facilidad esto provoca que se genere aristas sin embargo los niveles de dureza y crocante están entre los valores aceptables

mientras que en los demás días se puede notar como va aumentando la dureza esto ayuda a que lo crocante dándole firmeza que hace que los cortes sean limpios y no genere aristas. entre los mejores resultados se encontró del día 4 al 5. (Pérez,C et al., 2019) [84] menciona que la evaluación de la textura a través de parámetros calificativos es una herramienta valiosa al momento de evaluar la textura y sabor de un snack.

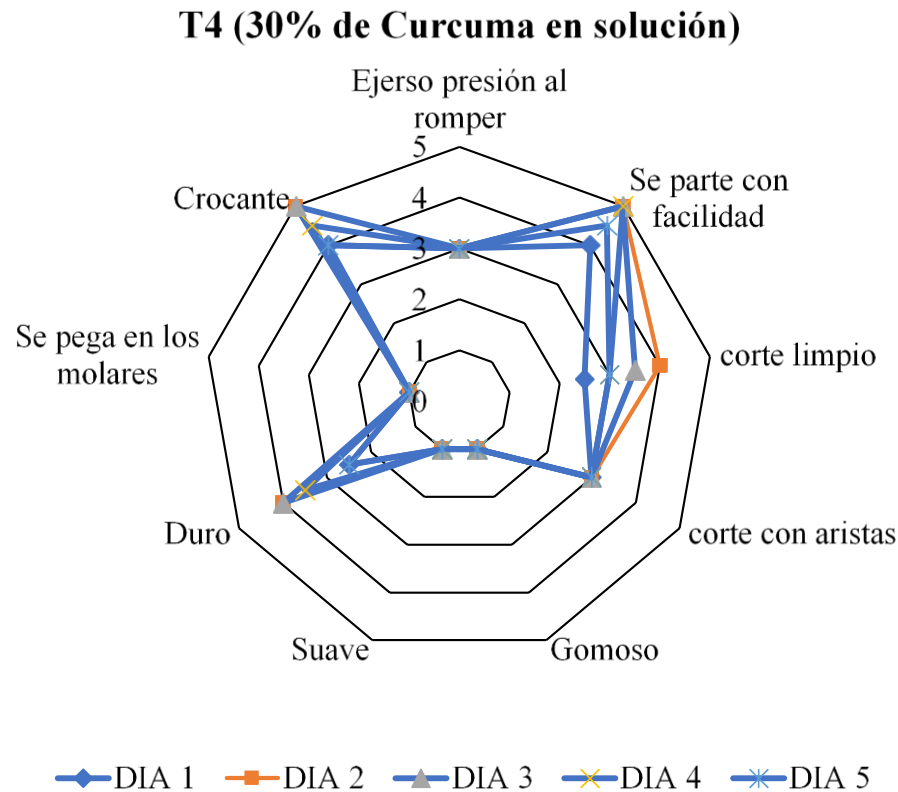
Gráfico 14 Descripción de la textura y sabor durante los días de almacenamiento en jengibre



La tabla detalla como los días benefician al snack con su dureza esto es esencial para una mejor calidad al snack ya que a medida que los días pasan el snack es más firme esto da como resultado cortes limpios y facilidad al romper dando un snack crocante que no necesita de mucha presión para romperlo.

- **Cambio de textura y sabor en chifle impregnado y almacenado a 85% de HRE**

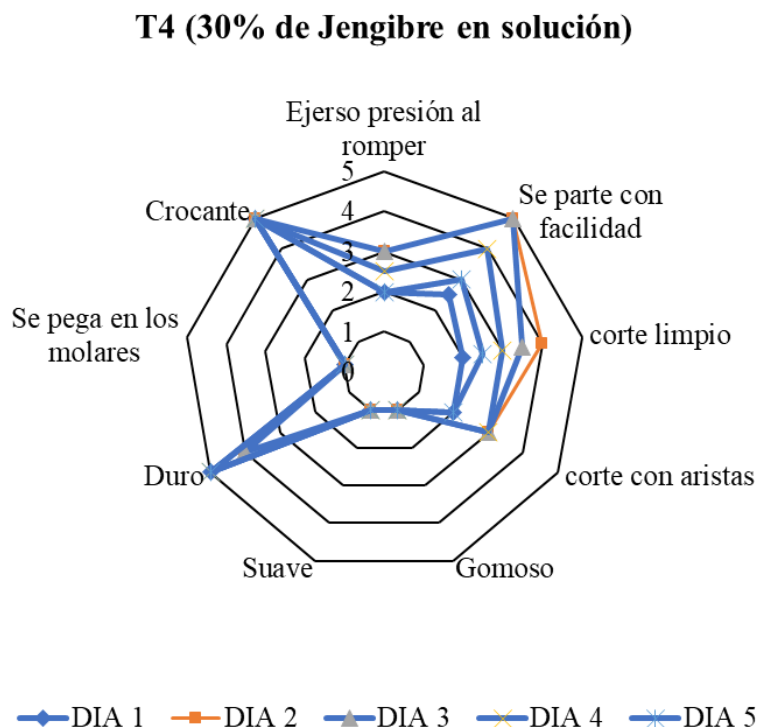
Gráfico 15 Valores medios obtenidos, de los cambios durante el tiempo de almacenamiento con respecto al color, textura y sabor del snack a HR de 85%.



El gráfico 15 demuestra como el chifle acorde pasan los días los cambios de estructura van cambiando esto se puede observar desde el primer día donde se demuestra que al momento que se ejerce presión para hacer un corte se generan aristas por que el chifle no esta tan duro pero si crocante, en el día 2 se puede notar como van apareciendo los cambios ya que el chifle en cuanto a su dureza a aumentado esto ayuda a que este más crocante haciendo que al momento que se ejerce presión se generen cortes limpios sin aristas, en el día 3 se puede notar que la dureza no ha tenido cambios pero su nivel de crocante si esto ayuda a que el chifle al momento que se ejerce presión se parta con facilidad lo que no genera aristas, donde ya comienza aparecer cambios más radicales es en el día 4 y 5 donde sus características son similares dando a notar su dureza y crocante son mayores a diferencia de los anteriores días esto nos da como resultado que el chifle se parta con facilidad lo que da como resultado que no provoque aristas ya que es de corte fácil. Según Guerrero, N et al., 2018 [60], el contenido

de una matriz amilácea contribuye al perfil de textura de un snack en nuestro trabajo la permeabilidad utilizada en el envase 0.0016 mlO₂/ mmm² hizo que no exista una variación en la textura de los chifles a pesar de ser sometidos a condiciones extremas de HRE.

Gráfico 16 Valores medios obtenidos, de los cambios durante el tiempo de almacenamiento con respecto al color, textura y sabor del snack a HR de 85%



El grafico 16 detalla los cambios obtenidos durante el almacenamiento del chifle en el primer día da como valores normales entre los cuales destacan que se parte con facilidad al ejercer poca presión mientras que en el día 2, se mantienen ciertas características similares al día anterior mientras que el día 3 se comienza a notar más cambios entre los cuales están que se necesita más presión para romper ya que acorde pasan los días el chifle se pone más duro esto quiere decir que los niveles de dureza y crocante siguen iguales el día 4 los cortes no generan aristas y su dureza y crocantes siguen sin notarse diferencias en el día 5 su nivel de dureza y crocante son similares al resto de días mostrando la única diferencia que ya no se necesita ejercer mucha presión para romper el chifle esto da como resultados cortes más limpios. La textura y el sabor se pueden correlacionar con medidas cualitativas de acuerdo a

lo expuesto por Guerrero,N et al., 2018 [60] a las variaciones obtenidas de estos parámetros dentro de un snack hacen creer que la humedad, temperatura y matriz de un producto son parámetros ha tomar en cuenta en este tipo de estudios

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.

- Mediante el modelo de cinética de adsorción se logró determinar que a mayor tiempo de impregnación mayor concentración de cúrcuma y jengibre por lo que se llega a la conclusión mediante el análisis estadístico de los resultados que la cúrcuma fue la que se obtuvieron mejores resultados.
- Los Chifles durante el periodo de almacenamiento se encontraron varias diferencias entre las dos concentraciones estos fueron cambios visibles mas no de sabor ya que esto no se encontró ninguna diferencia, en cuanto a las concentraciones de cúrcuma y Jengibre quien tuvo menor cambio de color fue la cúrcuma ya que esta no se mostró decoloración entre los días de estudio por lo tanto se encontró buenos resultados demostrando esta ser que mostro mejores resultados, mientras que el Jengibre al pasar los días se notaba cambios visuales los cuales se puede detallar la decoloración y pigmentación del chifle por lo contrario el sabor no hubo cambios ya que en todo los días de tratamiento el sabor fue el mismo.
- Los chifles acordes los días pasan sus características van cambiando los primeros días se nota que el snack se encuentra crocante y su nivel de dureza es aceptable por lo que no se necesita de mucha presión para generar un corte con la única diferencia que este genera aristas pero acorde los días pasan el chifle se va poniendo más duro esto ayuda a que este más crocante y al momento de hacer un corte no suelte aristas ya que será un corte limpio en cuanto al color se encontraron resultados satisfactorios por lo cual el que dio el mejor resultado fue el tratamiento 4 al 30% de cúrcuma en una humedad relativa del 75% a diferencia del jengibre del cual si notaron de coloración al pasar los días mientras que el sabor no hubo diferencias ya que ambos dieron buenos resultados entre los 5 días de estudio el sabor no tuvo ninguna alteración.

5.2. Recomendaciones.

De acuerdo con los resultados de esta investigación se propone las siguientes recomendaciones:

- Para la obtención de un snack de plátano verde de calidad con respecto a su vida útil se recomienda la utilización del método de impregnación al vacío con cúrcuma a un porcentaje de 30% por 40min a 5 inHg de presión.
- Para tener un buen resultado en cuanto a la decoloración del snack de plátano verde se recomienda el uso de la curcuma a una concentración de 30% ya que esta nos ayuda a mantener su color sin alterar el sabor ni textura por lo tanto es la más aceptable con mejores resultados.
- Para evitar la decoloración se recomienda el uso de curcuma al 30% con una humedad relativa del 75% ya que esto nos ayuda a mantener su dureza lo que nos da un snack más crocante sin alterar el sabor del mismo.

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA

6.1. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Diario Libre, «Los beneficios del plátano verde para la salud,» Universidad Politecnica, 15 Noviembre 2020. [En línea]. Available: <https://www.diariolibre.com/revista/los-beneficios-del-platano-verde-para-la-salud-GA17608680>. [Último acceso: 12 Octubre 2022].
- [2] L. Barón, «Introducción al mercado de un snack a base de habas de la empresa,» Corporacion Universitaria Minuto de Dios, Bogota, 2016.
- [3] Sociedad Comunitaria Española de Nutrición, «Condimentos y aperitivos,» 2013. [En línea]. Available: <https://www.nutricioncomunitaria.org/es/>. [Último acceso: 12 Octubre 2022].
- [4] M. Alvado, «Obtención de parámetros tecnológicos para la elaboración de fruta confitada de corazón (endocarpio) de piña (Ananas comusus) Variedad golden (Hibrido MD-02),» Universidad Nacional Agraria de la Selva Tigo María, Perú, 2015.
- [5] Asociación de exportadores de banano del Ecuador, «Estadísticas de las exportaciones plataneras del Ecuador,» 15 Octubre 2013. [En línea]. Available: www.aebe.com.ec. [Último acceso: 16 Octubre 2022].
- [6] J. Vallejo, «Diseño de una planta procesadora de planta (mussa paradissiaca sp) para la obención de tres productos en el sector de Santod Domingo de los Tsachilas,» Universidad de las Américas, Quito, 2012.
- [7] I. Henríquez, M. Karelovic, P. Sánchez y D. Vega, «Emprendimiento snacks saludables “Fresh’n go”,» Universidad de Chile, Chile, 2014.
- [8] M. Acosta y A. Chávez, «Efecto de la fritura por inmersión al vacío en rodajas de mango (Tommy atkins) deshidratados osmoticamente,» vol. XVIII, nº 21, pp. 12-33, 2020.
- [9] Japay Tecnologia de Punta, «Impregnación de alimentos al vacío,» 2019. [En línea]. Available: <https://japay.com/impregnacion-de-alimentos-al-vacio/>. [Último acceso: 12 Octubre 2022].
- [10] Mychef, «Impregnación de frutas con la envasadora al vacío iSENSOR,» Distform, 2021. [En línea]. Available: <https://mychef.distform.com/impregnacion-de-frutas-con-la-ensadora-al-vacio-isensor/>. [Último acceso: 25 Septiembre 2022].

- [11] R. PÁZ, Z. Pesántez y J. Sernaqué, «El plátano verde en la matriz productiva de la zona 8 de Ecuador,» *Revista Científica Yachana*, vol. IV, pp. 159-160, 2015.
- [12] Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, «INIAP,» 2011. [En línea]. Available: <https://www.iniap.gob.ec/>. [Último acceso: 23 Septiembre 2022].
- [13] C. Rendón, «Universidad Politécnica Salesiana,» Universidad Politecnica, 2009. [En línea]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/4844>. [Último acceso: 2 Septiembre 2022].
- [14] Unisima, «Platano verde: Propiedades, beneficios y usos,» Caratavio, Colombia, 2019.
- [15] Ministerio de Agricultura y Ganadería, «Proyectos de cooperación agrícola en diversas comunidades en la provincia de Manabí, entre otras,» 22 Octubre 2013. [En línea]. Available: www.agricultura.gob.ec. [Último acceso: 12 Septiembre 2022].
- [16] P. Arcila, S. Cayón y O. Morales, «Características físicas y químicas del fruto de dominico hartón (Musa AAB) de acuerdo a su posición en el racimo,» de *Mano a mano con el futuro*, Colombia, Memorias Acorbat, 2002, pp. 498-502.
- [17] Instituto de promoción de exportaciones e inversiones, «Análisis sectorial,» Pro ecuador, Quito, 2015.
- [18] G. Agrios, *Plant Pathology Fifth Edition*, Florida: Elsevier, 2005.
- [19] M. Prevel, «La nutrition minérale du bananier dans le monde,» *Fruits*, vol. XXXV, n° 10, pp. 583-593, 1980.
- [20] P. Torres, «Influencia de las condiciones ambientales sobre las propiedades físico-químicas durante la maduración de los frutos de plátano Hartón Musa AAB,» Facultad de formación avanzada e investigaciones, Colombia, 1997.
- [21] J. Anvilla, «Salud y buenos alimentos,» 2022. [En línea]. Available: <http://saludybuenosalimentos.es/alimentos/index.php?s1=Frutas&s2=Tropicales&s3=Pl%E1tano>. [Último acceso: 12 Septiembre 2022].
- [22] P. Hernández, *El plátano: Un cultivo tradicional con importancia*, Venezuela: Revista del Colegio de Farmacéuticos del Estado Mérida, 2009.

- [23] K. Sampath, B. Debjit y U. Duraivel, «Traditional and Medicinal Uses of Banana,» 2013. [En línea]. Available: <https://www.phytojournal.com/vol1Issue3/9.html>. [Último acceso: 1 Octubre 2022].
- [24] A. Anzora y C. Fuentes, «Obtención de un colorante a partir de Musa paradisiaca (plátano verde) con aplicación en la industria textil,» Universidad del Salvador, Salvador, 2008.
- [25] K. A., Neurochemistry of schizophrenia and depression, Clovis. CA., 1998.
- [26] M. ML y Z. SM, Evaluating and managing premenstrual syndrome, Medscape General Medicine, 2000.
- [27] R. G. Suntharalingam S, Physical and biochemical properties of green banana flour. Plant Foods for Human Nutrition (Dordrecht, Netherlands), 1993.
- [28] S. R., Bananas: Tropical Agriculture series, J.Agricul.and Food Chem, 2000.
- [29] B.-P. L, «Isolation and partial characterization of banana starches. Journal of Agricultural and Food Chemistry.,» 1999.
- [30] Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, «La postcosecha y agroindustria del plátano,» 2000. [En línea]. Available: <http://hdl.handle.net/20.500.12324/17588..> [Último acceso: 12 Octubre 2022].
- [31] E. L. S. S. M. & C. B. Álvarez, «Socioeconomic evaluation of plantain production in the northern area of the Los Ríos Province.,» Journal of Business and Entrepreneurial JulyDecember, 2020.
- [32] S. C. E. M. y. F. J. C. Galeano, «Comportamiento poscosecha en almacenamiento a dos temperaturas de plátano en las variedades Dominico Harton África y FHIA 20,» 2002.
- [33] O. Fennema, «Química de los Alimentos. Característica de los Alimentos Líquidos. De origen animal: huevos Capítulo 14.,» Segunda Edición. Acribia S.A. , Zaragoza, España., 1993.
- [34] W. Flores, «Manual Técnico para el Procesamiento Tradicional del Plátano,» Bioversity International, Costa Rica, 2013.

- [35] J. Cajamarca, «Determinación de Macronutrientes de los Snacks más consumidos por adolescentes escolarizados de la Ciudad de Cuenca,» Universidad de Cuenca, Cuenca, 2012.
- [36] G. Salvador, «Larousse de la dietética y la nutrición,» SPES , Barcelona, 2001.
- [37] A. Nielsen, «WayBack Machine,» Informe del consumo de snack, 23 Enero 2008. [En línea]. Available:
<https://web.archive.org/web/20081030094010/http://www.hostnews.com.ar/2006/brev/ene/030139.htm>. [Último acceso: 25 Septiembre 2022].
- [38] A. Andriulli, «Tipos de Snack,» *Food & Fuction* , pp. 50-52, 2018.
- [39] R. Farinango, «Evaluación de dos estados de madurez del plátano hartón Musa AAButilizado en la elaboración de pan,» Universidad Técnica del Norte, Ibarra, 2014.
- [40] P. Saiz, «Curcuma I (Curcuma longa L.),» Reduca , Madrid, 2014.
- [41] P. Saiz de Cos y E. Pérez-Urria Carril, «Cúrcuma I (Curcuma longa L.),» *Reduca*, vol. X, nº 2, pp. 84-99, 2017.
- [42] A. Benavides, R. E. Hernández y H. y. S. A. Ramirez, «Tratado de Botánica Económica Moderna,» Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México, 2010.
- [43] G. Gryniewicz y P. Slifirski, «Curcumin and curcuminoids in quest for medicinal status,» *Acta Biochim Po*, vol. 59, nº 2, pp. 1-12, 2012.
- [44] M. Blumenthal y A. y. B. J. Goldberg, «Herbal Medicine: Expanded Commission E Monographs,» Herbal Medicine: Expanded Commission E Monographs, 2000.
- [45] M. Mesa, M. Ramírez-Tortosa, C. Aguilera, A. Ramírez-Boscá y A. Gil, «Efectos farmacológicos y nutricionales de los extractos de Curcuma longa L. y de los curcuminoides.,» Departamento de Bioquímica y Biología Molecular. Instituto de Nutrición y Tecnología de Alimentos. Ramon y Cajal., Granada, 2000.
- [46] J. M. y. L. X. Witkin, «Curcumin, an active constituent of the ancient medicinal herb Curcuma longa L.: some uses and the establishment and biological basis of medical efficacy,» *CNS Neurol Disord Drug Targets*, vol. 12, nº 4, pp. 487-497, 2013.

- [47] L. A. Platinetti, «Galletas a base de harina de trigo enriquecidas con extracto de jengibre rico en polifenoles.,» UNC, Cordoba , 2016.
- [48] T. A. Acuña O, «Aprovechamiento de las propiedades funcionales del jengibre en la elaboración de condimento en polvo, infusión filtrante y aromatizante para quema directa,» Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2010.
- [49] F. C. MS., «“Elaboración y control de calidad de comprimidos fitofarmaceuticos a base de extractos de manzanilla, ajo y jengibre”.,» Facultad de Ciencias. Escuela Superior Politecnica de Chimborazo., Quito, 2011.
- [50] C. M. Parra P, «Hierbas Aromáticas y Especies.,» Ministerio de Agroindustria., 2009.
- [51] C. M. T. A. M. J. K. E. K. D. Račková L, «Redox properties of ginger extracts: Perspectives of use of Zingiber Officinale Rosc. as antidiabetic agent. Interdiscip Toxicol.,» 2013.
- [52] F. A. M. A. Echavarria Z, «Evaluación de la Actividad Antioxidante y determinación del contenido de compuestos Fenólicos en Extractos de Macroalgas del Caribe Colombiano,» Vitae, Colombia, 2009.
- [53] R. Tsao, «Chemistry and biochemistry of dietary polyphenols,» *Nutrients*, vol. 2, nº 12, pp. 1231-1246, 2010.
- [54] M. Brewer, «Natural antioxidants: Sources, compounds, mechanisms of action, and potential applications.,» *Comprehensive*, vol. 10, pp. 221-247, 2011.
- [55] S. Soares, «Ácidos fenólicos como antioxidantes,» *Nutrición*, vol. 15, nº 1, pp. 71-81, 2002.
- [56] T. Paredes, «Análisis del tiempo y temperatura en la deshidratación y pulverización del jengibre,» Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2006.
- [57] C. Lupano, «Compuestos fenólicos en modificaciones de componentes de los alimentos: cambios químicos y bioquímicos por procesamiento y almacenamiento,» Editorial de la Universidad de La Plata, Argentina, 2013.
- [58] R. Eisenthal y M. Danson, «Manual para el mejoramiento del manejo poscosecha de frutas y hortalizas. Serie tecnológica poscosecha,» Serie tecnológica poscosecha No. 5, Roma, 2002.

- [59] J. Romero y B. Duarte, «Determinación de vida útil en snak de tipo papa frita,» Universidad Técnica Federico Santa María, Chile, 2019.
- [60] J. Guerrero y P. Viera, «Estabilidad del aceite,» Universidad de Piura, Perú, 2005.
- [61] D. Kilcast y P. Subramanian, «The estability and shelf life of foods,» Woodhead Publishing Limited y CRC Press LLC, 2000.
- [62] T. Labuza, «Shelf life dating of foods. Westport, Connecticut,» Food & Nutrition Press, 1982.
- [63] F. Owen R., «La química de los alimentos. Segunda edición ed.,» Acriba S.A., México, 2000.
- [64] N. Martínez, O. Amparo, P. González y G. Moraga, Propiedades físicas de los alimentos, Valencia: UPV, 2007.
- [65] P. T. Oliag, Evaluación del color y tolerancia de color en alimentos a traves del espacio CIELAB, Valencia: UPV, 2017.
- [66] K. Minolta, Color control from preception to instrumentation. Precise color communication., 1998.
- [67] A. C. Morelló, Obtención de aperitivos de manzana con efecto probiótico mediante impregnación con lactobacillus Rhamnosus, Valencia: UPV, 2019.
- [68] M. Gil-González, E. Cortés-González y J. Herrera, «Impregnación de Uchuva (Physalis peruviana L.) de forma semiesférica con una emulsión fortificante,» Bio.Agro, Popayan, 2015.
- [69] S. Mora, «Modelado y simulación de procesos de separación usando PRO II : aplicación a tanques flash y torres de destilación multicomponente,» Universidad Nacional Autónoma de México, México, 2016.
- [70] A. Ocampo, «Modelo cinético del secado de la pulpa de mango,» Escuela de Ingeniería de Antioquia, Medellín , 2006.
- [71] M. Calí, «Análisis sensorial de los alimentos,» Universidad Nacional del Sur, Colombia, 2018.
- [72] P. Pérez, «¿Qué es y cómo se utiliza la evaluación sensorial?,» Departamento de Alimentos y Biotecnología, Facultad de Química, UNAM, Colombia, 2018.

- [73] H. T. Lawless, «Sensory evaluation of food principles and practices,» An Aspen Publication, Gaithersburg, Maryland , 1999.
- [74] G. Kusch, «Desarrollo de un snack de manzana enriquecido con jugo de granada mediante la impregnación al vacío acoplado con campo eléctrico moderado,» Universidad técnica Federico Santa María, Chile, 2018.
- [75] J. C. Espin, «Biological Significance of Urolithins, the Gut Microbial Ellagic Acid-Derived Metabolites: The Evidence So Far,» Hindawi , 2013.
- [76] M. Henríquez, «Comparison of three drying processes to obtain an apple peel food ingredient,» CyTA Journal of food , 2013.
- [77] P. Kubra, «Desarrollo de probiótico portador seco manzanas para consumo como merienda víveres con la impregnación de *Lactobacillus paracasei*,» Departamento de Alimentos, Estambul Turquía, 2019.
- [78] F. C. Serrate, «Actividad del agua en alimentos: Conceptos, medida y aplicaciones,» Química de los alimentos, España, 2003.
- [79] Figueroa, D., Moreno, A., Hormaza, «Equilibrio, termodinámica y modelos cinéticos en la adsorción de Rojo 40 sobre tuza de maíz,» Rev. Ing. Univ., Medellín , 2015.
- [80] A. R. J. C. G. Ensuncho, «ADSORCIÓN DEL COLORANTE AMARILLO ANARANJADO EN SOLUCIÓN ACUOSA UTILIZANDO CARBONES ACTIVADOS OBTENIDOS A PARTIR DE DESECHOS AGRÍCOLAS,» Rev. la Soc. Química del Perú 81, 135–147, Peru, 2015.
- [81] C. S. H. J. Morales Torres, «Desarrollo y caracterización de snacks a base de fruta, en forma de chip, fortificados con Calcio a través de impregnación al vacío,» Colombia, 2021.
- [82] Garzón-García, A.M., Dussán-Sarria, S., Melo-Sevilla, R.E., Garzón-García, A.M., Dussán-Sarria, S., Melo-Sevilla, «Estudio de la Variación de Parámetros de Color del Yacón utilizando un Prototipo de Medición de Color y Temperatura,» Tecnológica 29, 75–82, Sevilla, 2018.
- [83] K. A.-H. K. Mathias-Rettig, «El color en los alimentos un criterio de calidad medible,» Agro Sur 42, 57–66, 2014.

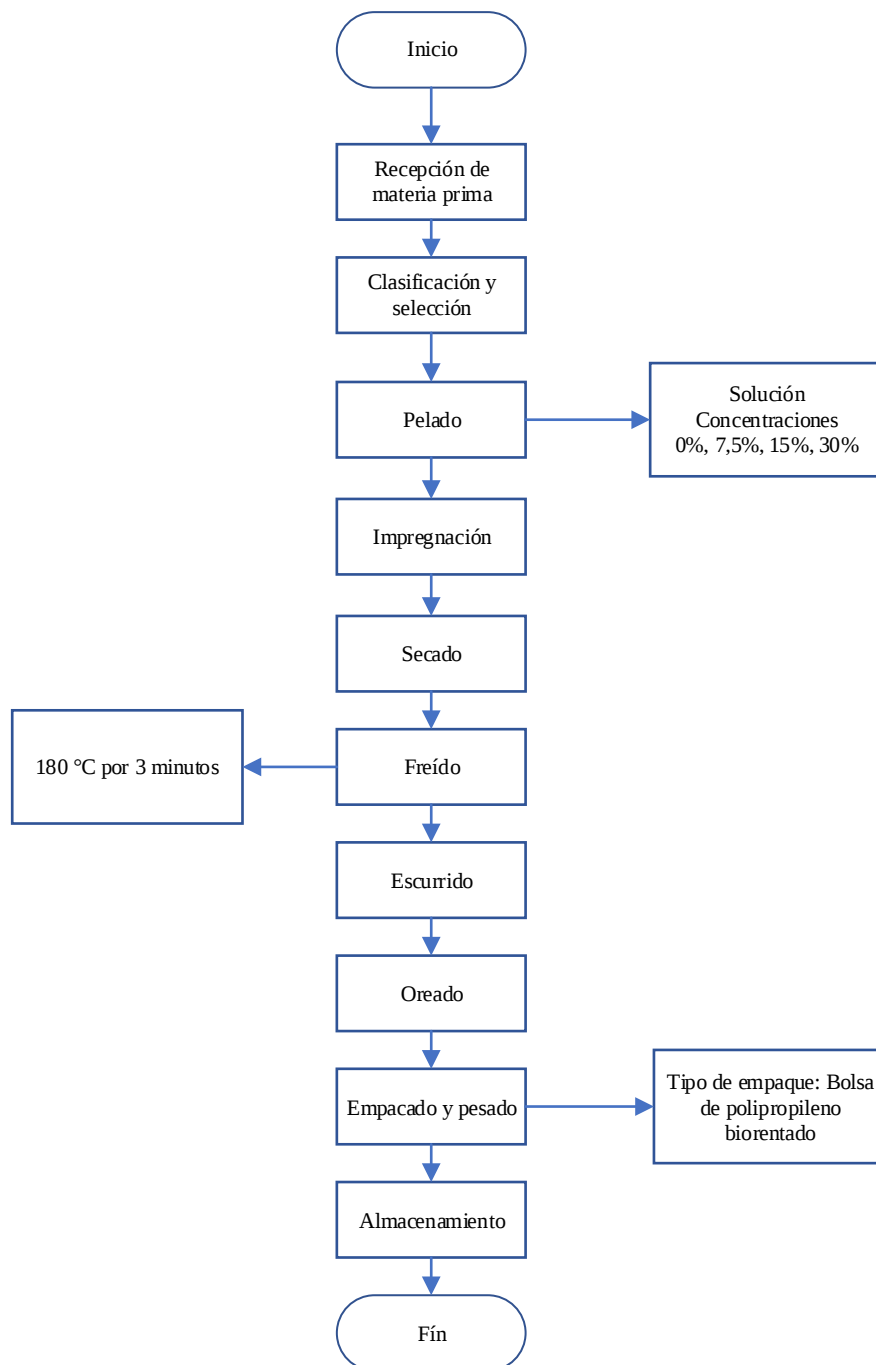
- [84] A. T. & S. C. E. J. Pérez Castañeda, «Evaluación del efecto de dos métodos de deshidratación sobre las características de un snack de tubérculos andinos (O. tuberosa, U. tuberosus y T. tuberosum) y análisis de su vida útil,» 2019. [En línea]. Available: Retrieved from https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_alimentos/273.
- [85] D. Man y A. Jones, Shelf Life Evaluation of Foods, USA: Aspen Publication, 2000.
- [86] P. Brody, «Predicción de la vida útil de los alimentos envasados,» *Tecnología de los Alimentos*, vol. 57 , nº 4, pp. 100-102, 2003.
- [87] L. Charm, «Ingeniería de alimentos aplicada para acomodar regulaciones alimentarias, calidad y pruebas,» *Higiene ambiental*, vol. 16, nº 1, pp. 5-8, 2007.
- [88] K. Valdez, «Estimación de la vida útil de productos snacks en la empresa procesos Velsac mediante análisis fisicoquímicos y sensoriales,» Universidad Nacional de Callo, Callao, 2014.
- [89] P. Labuza, «Shelf-Life Dating of Foods,» *Food & Nutrition Press*, vol. 36 , pp. 66-74, 1982.
- [90] Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria, «Granos y Cereales. Maiz Determinación del contenido de humedad,» Norma Técnica Ecuatoriana Obligatoria, Quito, 1987.
- [91] D. Sánchez, «Análisis del software ImageJ para el análisis científico de imágenes,» E.T.S.I. y Sistemas de Telecomunicación (UPM), Madrid, 2014.
- [92] Y. Villaverde, «Funcionamiento de una bomba de vacío y sus características,» Equipos y Laboratorio de Colombia, 23 Enero 2011. [En línea]. Available: <https://www.equposylaboratorio.com/portal/articulo-ampliado/el-funcionamiento-de-una-bomba-de-vacio-y-sus-caracteristicas>. [Último acceso: 12 Octubre 2022].
- [93] E. T. S.L., «Embalajes Terra S.L. - Selladoras de bolsas,» Blog Embalajes Terra S.L., 28 febrero 2010. [En línea]. Available: <https://www.embalajesterra.com/blog/selladora-de-bolsas-de-plastico/#:~:text=Una%20selladora%20de%20bolsas%20es,permiti%C3%A9ndonos%20en vasar%20perfectamente%20nuestros%20productos..>

CAPÍTULO VII

ANEXOS

Anexo A Proceso de elaboración de snack de plátano verde (musa paradisiaca)

Diagrama de flujo de la elaboración de snack de plátano verde con impregnación al vacío



Anexo 1A: Procedimiento

 Fuente: Autores	 Fuente: Autores
Clasificación y selección del plátano verde (<i>mussa paradisiaca</i>) a utilizar	Pelado del plátano verde (<i>mussa paradisiaca</i>)
 Fuente: Autores	
Rebanado del plátano verde (<i>mussa paradisiaca</i>)	
 Fuente: Autores  Fuente: Autores  Fuente: Autores  Fuente: Autores	
Para el rebanado se utilizó una cortadora semi industrial con un disco de dos cuchillas por donde salen verdes cortados de 2 mm de grosor.	

Anexo 2A: Preparación de las soluciones para la impregnación

Para esto se utilizó dos tipos de colorantes naturales Cúrcuma (<i>cúrcuma longa</i>) y Jengibre (<i>zingiber officinale</i>), en tres concentraciones 7, 5%, 15% y 30%.	
 Fuente: Autores	 Fuente: Autores
Pesado de Cúrcuma (<i>cúrcuma longa</i>) y Jengibre (<i>zingiber officinale</i>) según la concentración.	Mezclado

Anexo 3A: Impregnación de los verdes

Para esto se elaboró una máquina de impregnación al vacío, a continuación, veremos las partes de la máquina	
 Fuente: Autores	 Fuente: Autores
Compresor marca EMBRACO de 1/4	Olla de presión de 6 lbs

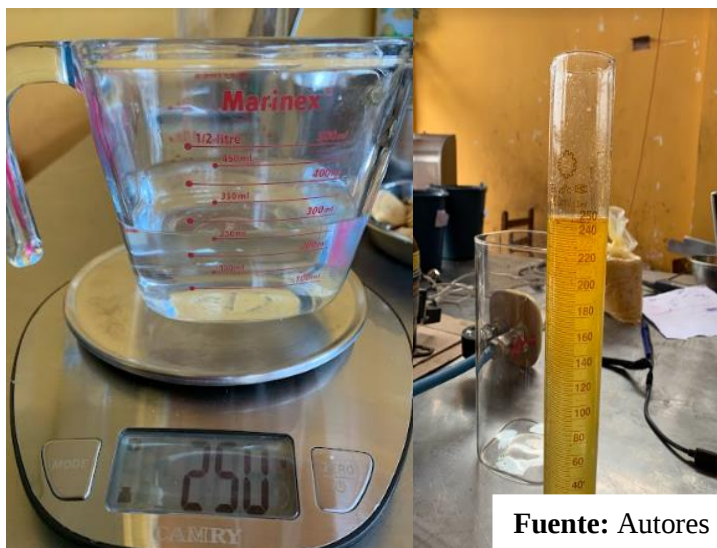
 Fuente: Autores	 Fuente: Autores
Vacuómetro (medidor de vacío)	Llave de unión
 Fuente: Autores	 Fuente: Autores
Caja de encendido y apagado	Adaptador para la entrada de electricidad

Anexo 4A: Preparación de los tratamientos para la impregnación

Para la preparación de los tratamientos se pesa 100g de verde por triplicado ya que cada tratamiento tendrá 3 repeticiones

 Fuente: Autores	 Fuente: Autores
Pesado del verde (<i>musa paradisiaca</i>)	Tratamiento por triplicado

Para la impregnación se toma en cuenta que por cada 100g de verde se pondrá en la máquina 250ml de la solución según la concentración.



Medición volumétrica de la solución por porcentaje de cada replica

Ingreso de los tratamientos dentro de la máquina de impregnación



Platano verde (*mussa paradisiaca*) dentro de la máquina de impregnación

Luego de la impregnación los verdes se pesan y el líquido que queda se mide, esto se lo realiza para tomar nota del porcentaje de solución que entro en los verdes, tomando en cuenta que por cada 100g son 250ml de solución.

 Fuente: Autores	 Fuente: Autores
Medición volumétrica de la solución luego de la impregnación	Pesado del plátano verde (<i>mussa paradisiaca</i>) después de la impregnación

Anexo 5A: Secado luego de la impregnación

Esto se lo realizo con papel absorbente y luego se lo mete a un horno por aproximadamente 1min	
 Fuente: Autores	 Fuente: Autores
Secado con papel absorbente	1 min de secado en horno

Anexo 6A: Freído

Para el freído de los verdes se utilizó una freidora semi industrial que consta de doble bandeja con una capacidad 80lts de aceite y 5kg de verdes. El freído se lo realiza a 180°C por 3min.



Freidora



Freído de los plátanos verdes (*mussa paradisiaca*)



Escurridos de los chifles



Oreado de los chifles

Anexo 7A: Empacado y pesado

Para el empacado se utilizó una bolsa de poli propileno bioorientado (PPB) y luego del empacado se procede a pesar el paquete con los verdes fritos adentro.



Fuente: Autores

Empacado



Fuente: Autores

Pesado de los chifles empacados

Anexo 8A: Almacenado

Para el almacenado los tratamientos se sometieron a cámaras de humedad controlada, cada una constaba de diferentes humedades relativas (HR), 75% y 85%. Cada cámara contenía réplicas de los tratamientos con las diferentes concentraciones de cúrcuma y jengibre.



Fuente: Autores

Camaras de almacenamineto

Anexo 9A: Humedades relativas (HR)

Para crear las diferentes humedades relativas se procedió a colocar un foco led de luz fría dentro de cada cámara y se realizaron soluciones con 357g de cloruro de sodio y 265g de cloruro de potasio



Fuente: Autores



Fuente: Autores

Solución CLK (*cloruro de potasio*)

Solución CLNa (*cloruro de sodio*)

Anexo 10A: Cámaras con las diferentes humedades relativas (HR)



Fuente: Autores



Fuente: Autores

Cámara con 75% de HR

Cámara con 85% de HR

Anexo 11A: Muestras para toma de color

Las Muestras fueron tomadas por medio de un telefono inteligente de la marca Samsung A53 5G mediante su camara a una altura de 45 cm aplicando un zom de x2 por 64 Megapixeles de Camara



Fuente: Autores

Caja para fotografias

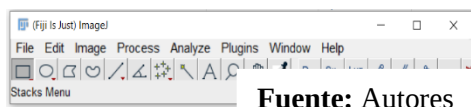


Fuente: Autores

Chifle Aplicando un x2 de zoom

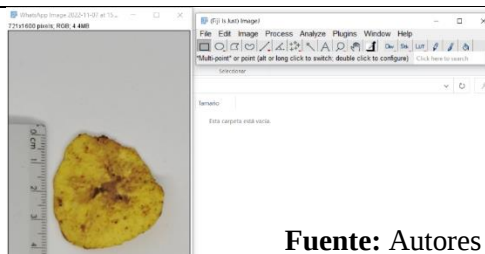
Anexo 12A: Software imageJ (Fiji)

Para la obtención de datos estadísticos con respecto a la colorimetría se utilizó el programa Fiji siguiendo los siguientes pasos.



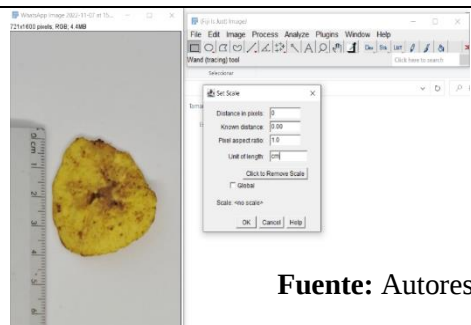
Fuente: Autores

Barra de herramientas del programa



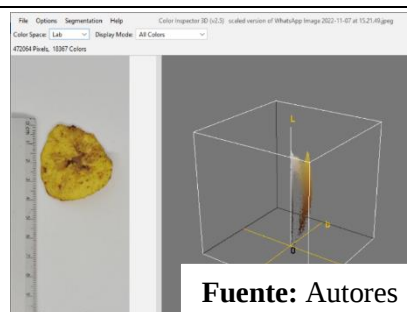
Fuente: Autores

Se Arrastra la Foto hacia el programa



Fuente: Autores

Aplicación de las medidas que se van a utilizar en este caso se utilizan (cm)



Fuente: Autores

Toma de Datos

Anexo B: Tablas y Gráficos

Anexo 1B: Cinética de impregnación del Jengibre

Tabla 23 Valores medios y desviación estándar obtenidos, de la diferencia de peso (g) durante el proceso de impregnación a vacío de Jengibre en chifle.

Tiempo (min)	T1			T2			T3			T4		
	$\bar{X}$		s	$\bar{X}$		s	$\bar{X}$		s	$\bar{X}$		s
10	46.33	±	6.5	48.7	±	2.1	50.33	±	4.16	50.33	±	29.0
20	52.7	±	6.4	45	±	5.6	47.7	±	1.15	45.0	±	14.7
30	60.33	±	5.0	38.33	±	9.6	40	±	3.46	49.7	±	17.0
40	71.7	±	12.6	44.33	±	8.1	55.33	±	11.24	52.33	±	17.0
50	68.33	±	6.5	48.33	±	7.6	60.33	±	11.24	55.33	±	17.2
60	80	±	5.0	55	±	5.6	62.7	±	9.29	58.33	±	18.0

n=3; $\bar{X}$ =media; s= desviación estándar

T1=Tratamiento control (agua)

T2= 7.5 % de Jengibre

T3= 15 % de Jengibre

T4= 30 % de Jengibre

Dentro de la cinética de impregnación del chifle se usaron varias concentraciones de jengibre (0%; 7,5%; 15%; 30%) en varios tiempos. La tabla 1 muestra las medias y desviaciones estándar obtenidos de las diferencias de pesos.

Se puede observar que a mayor tiempo de impregnación

Tabla 24 Coeficientes y ajuste del modelo cinético de absorción de Cúrcuma durante el proceso de impregnación a vacío.

Tratamientos	Modelo cinético	Co (g)	k (g/min)	R ²
T1	$Co*(1-\exp(-k*x))$	73.85	0.07472	0.78
T2	$Co*(1-\exp(-k*x))$	37.16	0.02055	0.75
T3	$Co*(1-\exp(-k*x))$	16.91	0.04281	0.39
T4	$Co*(1-\exp(-k*x))$	44.48	0.01009	0.8

Gráfico 17 Curva de tiempo de absorción de jengibre de los diferentes tratamientos en los verdes.

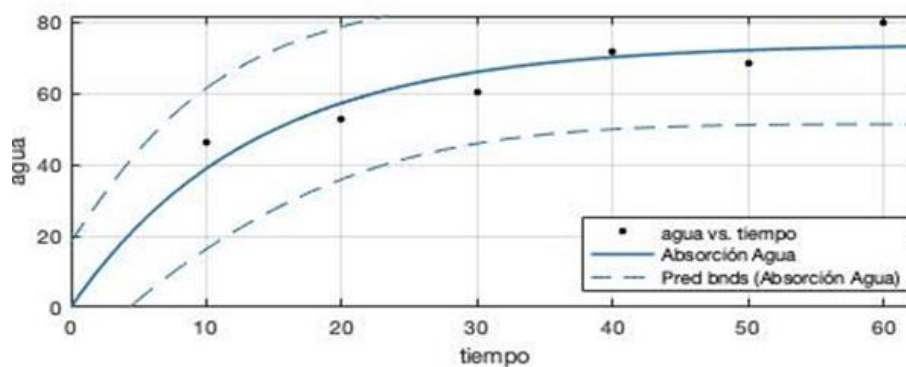


Gráfico 18 Curva de tiempo de absorción de jengibre al 7,5% en los chifles

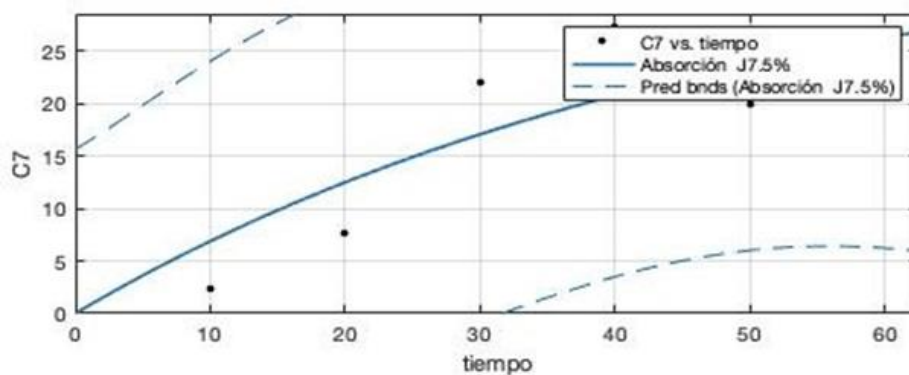


Gráfico 19 Curva de tiempo de absorción de jengibre al 15% en los chifles

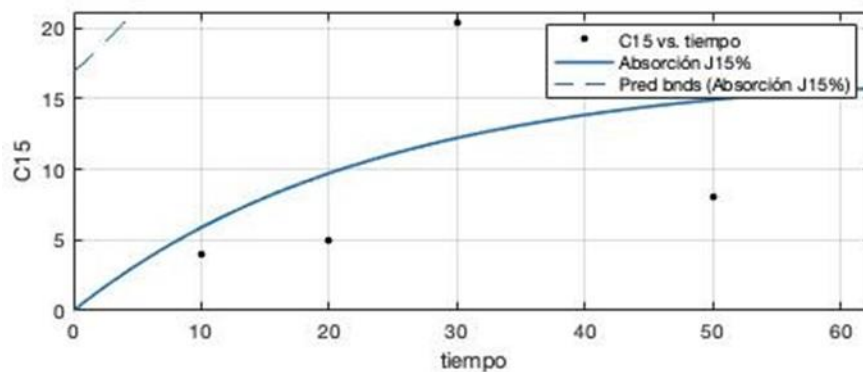
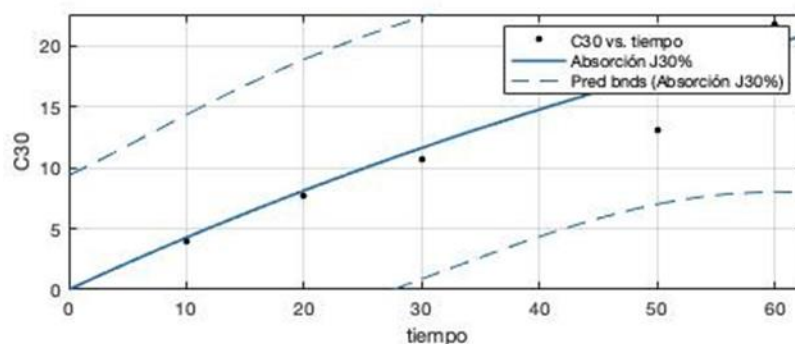


Gráfico 20 Curva de tiempo de absorción de jengibre al 30% en los chifles



Anexo 2B: Cinética de impregnación de la Cúrcuma

Tabla 25 Valores medios y desviación estándar obtenidos, de la diferencia de peso (g) durante el proceso de impregnación a vacío de Cúrcuma en chifle.

Tiempo (min)	T1		T2		T3		T4	
	$\bar{X}$	s	$\bar{X}$	s	$\bar{X}$	s	$\bar{X}$	s
10	46.50	± 5.13	52.67	± 0.58	54.33	± 2.08	53.33	± 1.53
20	58.50	± 10.61	66.00	± 5.00	72.33	± 5.03	87.00	± 2.65
30	61.67	± 1.53	48.67	± 6.66	83.00	± 2.83	91.33	± 1.53
40	63.67	± 3.21	52.67	± 4.04	87.50	± 2.12	94.33	± 0.58
50	69.00	± 1.00	55.00	± 5.66	91.50	± 2.12	107.33	± 0.58
60	75.33	± 2.52	61.33	± 3.79	95.50	± 2.12	120.00	± 2.00

n=3 ; $\bar{X}$ =media; s= desviación estándar

T1=Tratamiento control (agua)

T2= 7.5 % de Cúrcuma

T3= 15 % de Cúrcuma

T4= 30 % de Cúrcuma

Tabla 26 Coeficientes y ajuste del modelo cinético de absorción de Cúrcuma durante el proceso de impregnación a vacío.

Tratamientos	Modelo cinético	Co (g)	k (g/min)	R ²
T1	$Co*(1-\exp(-k*x))$	69.73	0.09132	0.82
T2	$Co*(1-\exp(-k*x))$	14.97	0.04545	0.85
T3	$Co*(1-\exp(-k*x))$	24.15	0.05116	0.85
T4	$Co*(1-\exp(-k*x))$	54.72	0.02529	0.88

Gráfico 21 Curva de tiempo de absorción de Cúrcuma de los diferentes tratamientos en los verdes.

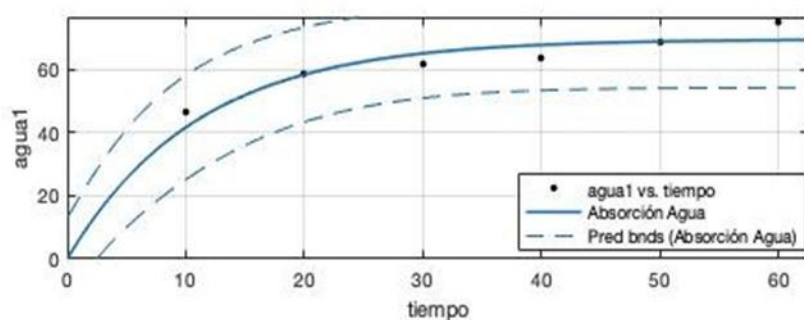


Gráfico 22 Curva de tiempo de absorción de jengibre al 7,5% en los chifles

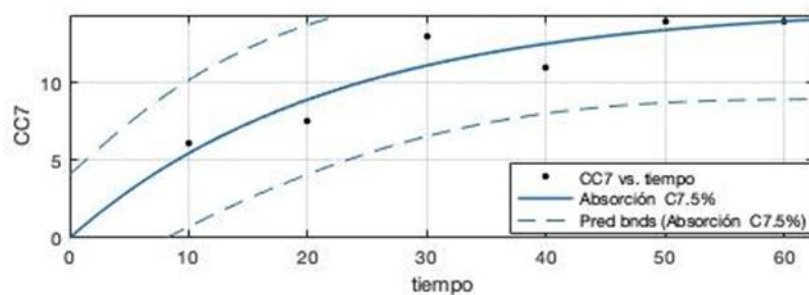


Gráfico 23 Curva de tiempo de absorción de jengibre al 15% en los chifles

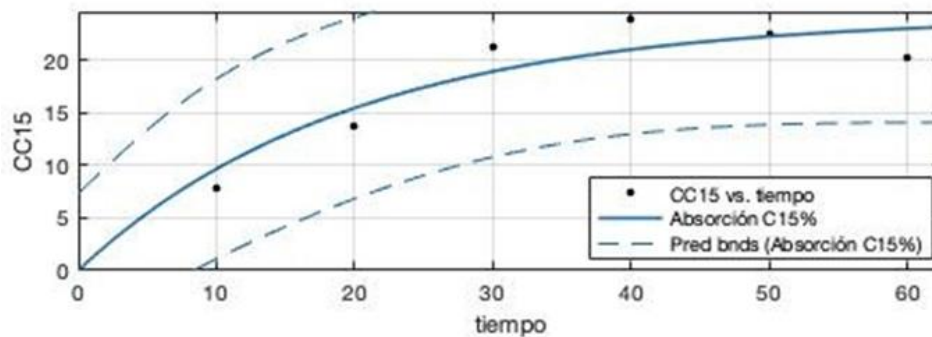
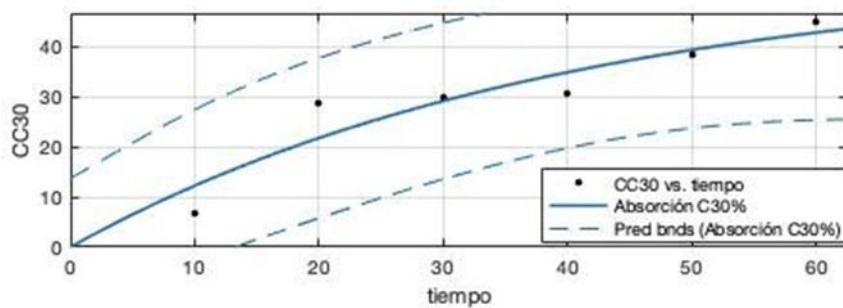


Gráfico 24 Curva de tiempo de absorción de jengibre al 30% en los chifles



Anexo 3B: Evaluación de la textura y sabor durante el almacenamiento

Gráfico 25 Valores medios, obtenidos de los cambios durante el tiempo de almacenamiento del tratamiento 2 (7,5% de Cúrcuma)

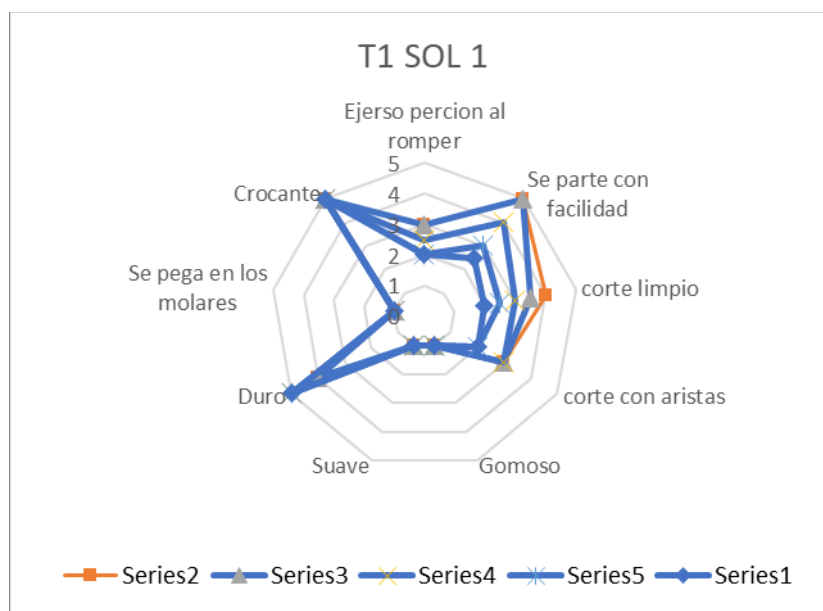


Gráfico 26 Valores medios, obtenidos de los cambios durante el tiempo de almacenamiento del tratamiento 3 (15% de Cúrcuma)

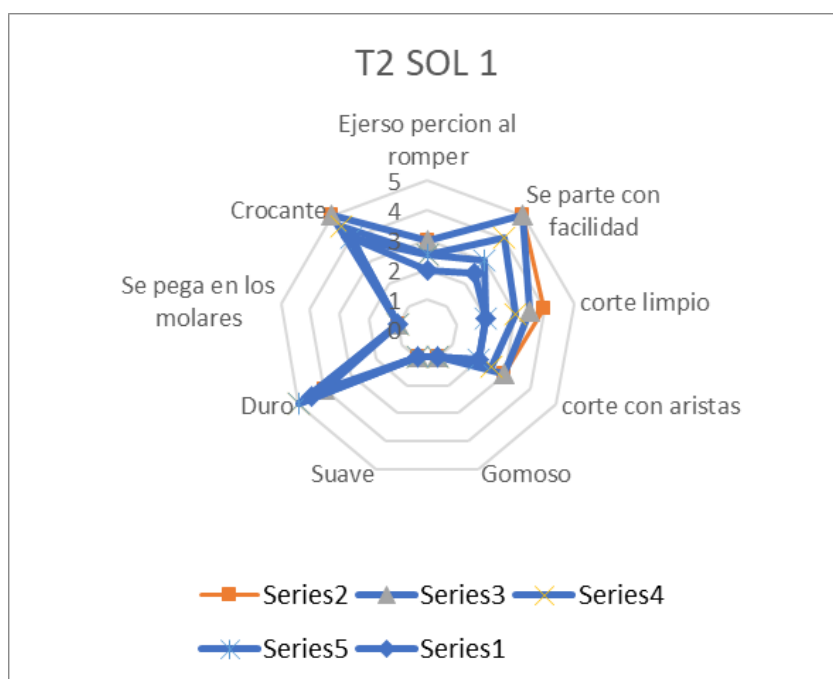


Gráfico 27 Valores medios, obtenidos de los cambios durante el tiempo de almacenamiento del tratamiento 4 (30% de Cúrcuma)

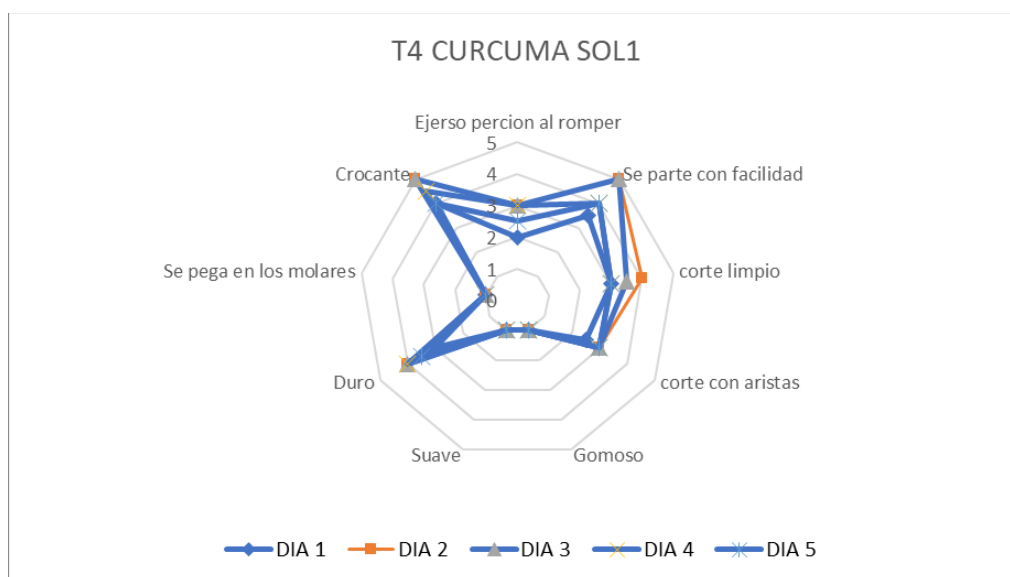


Gráfico 28 Valores medios, obtenidos de los cambios durante el tiempo de almacenamiento del tratamiento 1 (0% de Jengibre)

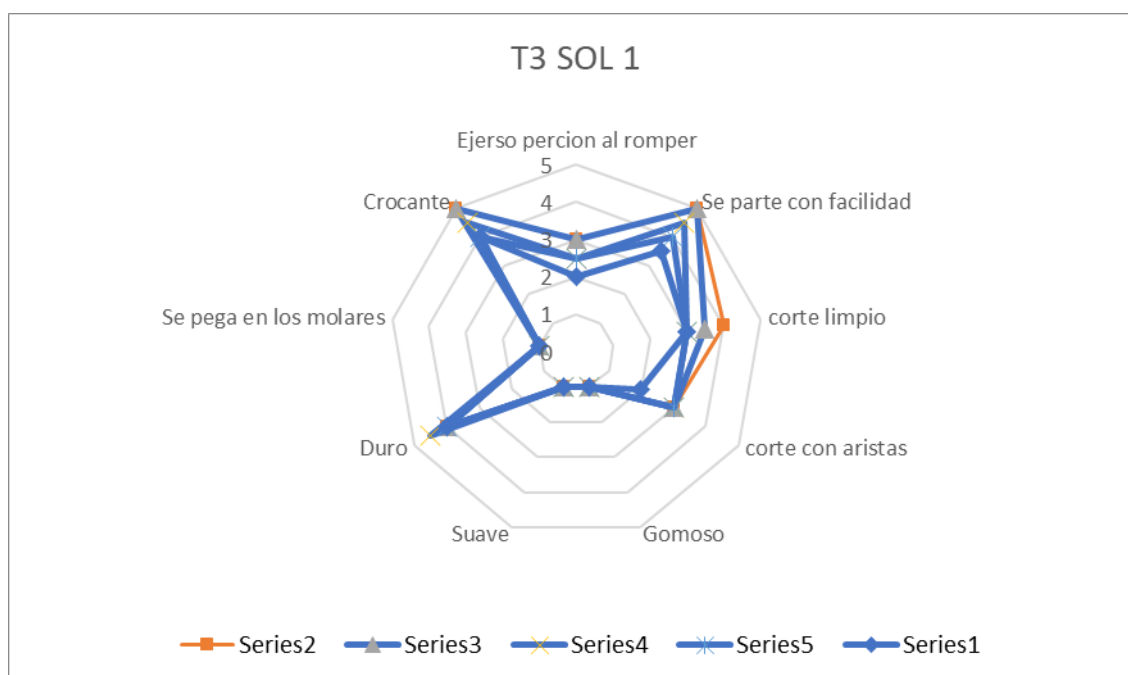


Gráfico 29 Valores medios, obtenidos de los cambios durante el tiempo de almacenamiento del tratamiento 2 (7,5% de Jengibre)

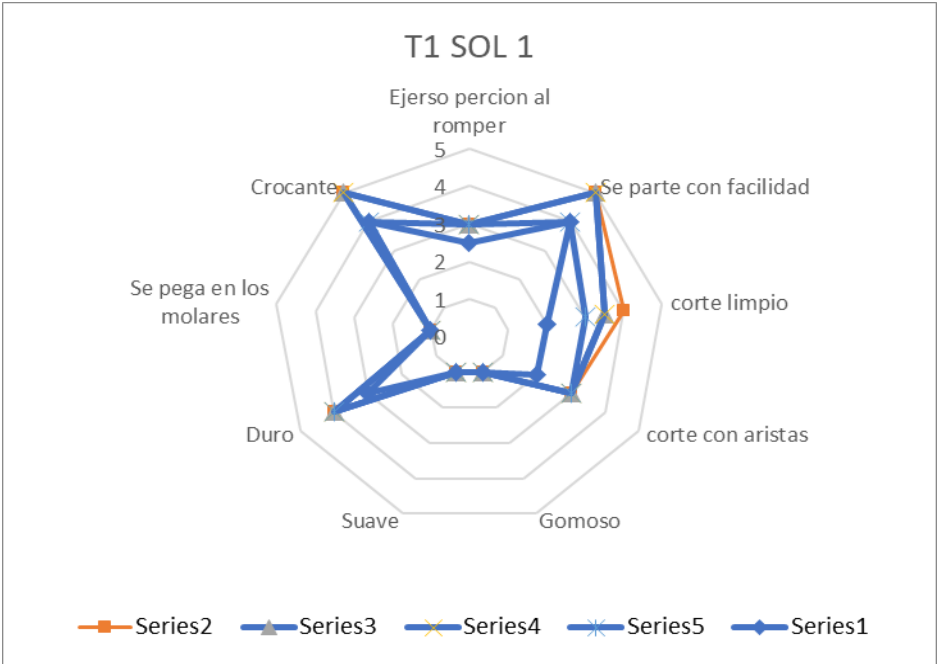


Gráfico 30 Valores medios, obtenidos de los cambios durante el tiempo de almacenamiento del tratamiento 3 (15% de Jengibre)

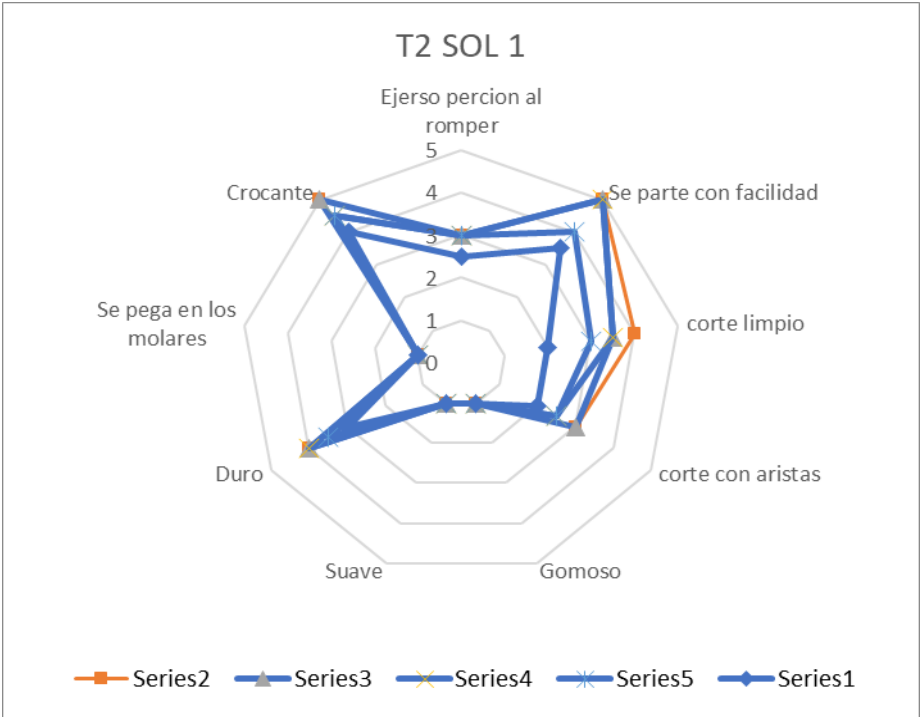
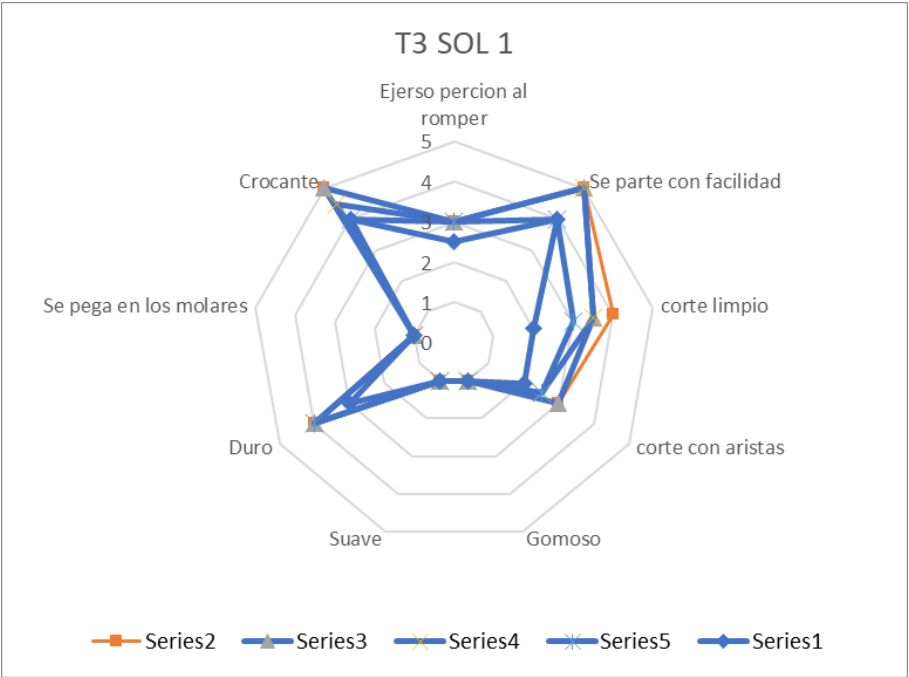


Gráfico 31 Valores medios, obtenidos de los cambios durante el tiempo de almacenamiento del tratamiento 4 (30% de Jengibre)



Solución 2: CLK 85%

Gráfico 32 Valores medios, obtenidos de los cambios durante el tiempo de almacenamiento del tratamiento 1 (0% de Jengibre)

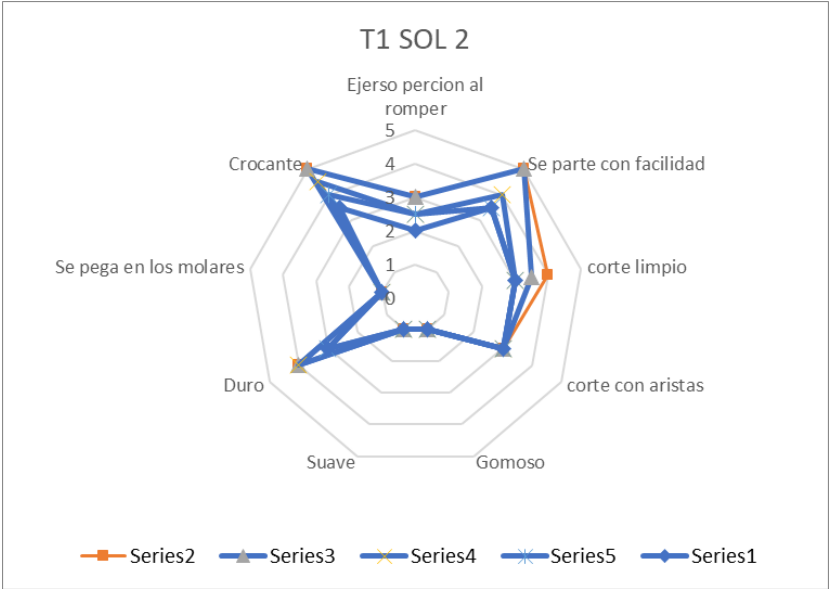


Gráfico 33 Valores medios, obtenidos de los cambios durante el tiempo de almacenamiento del tratamiento 2 (7,5% de Jengibre)

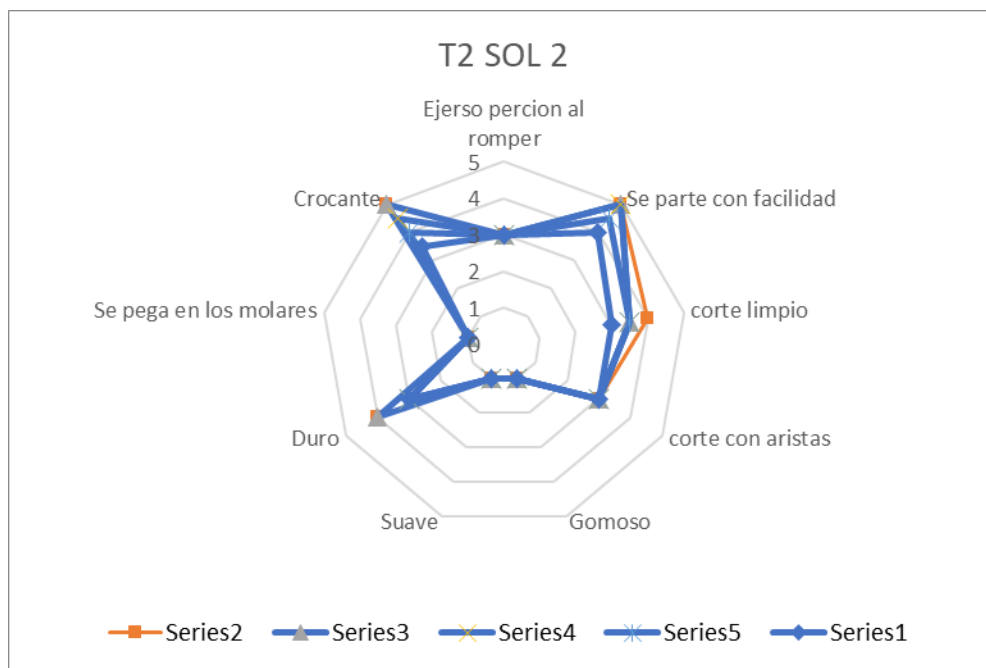


Gráfico 34 Valores medios, obtenidos de los cambios durante el tiempo de almacenamiento del tratamiento 3 (15% de Jengibre)

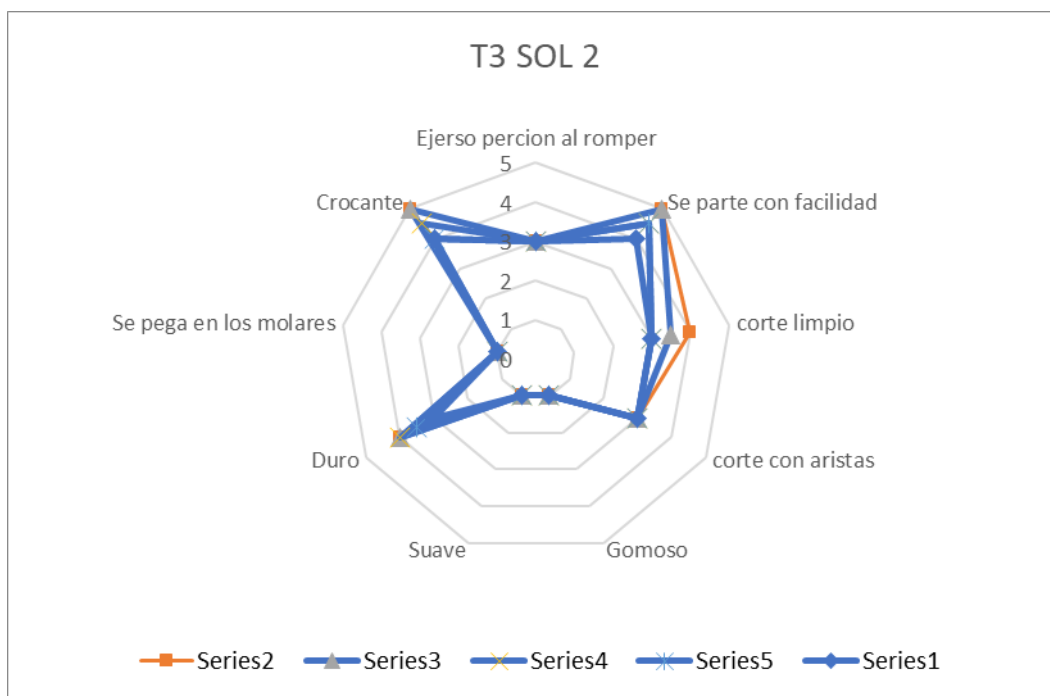


Gráfico 35 Valores medios, obtenidos de los cambios durante el tiempo de almacenamiento del tratamiento 4 (30% de Jengibre)

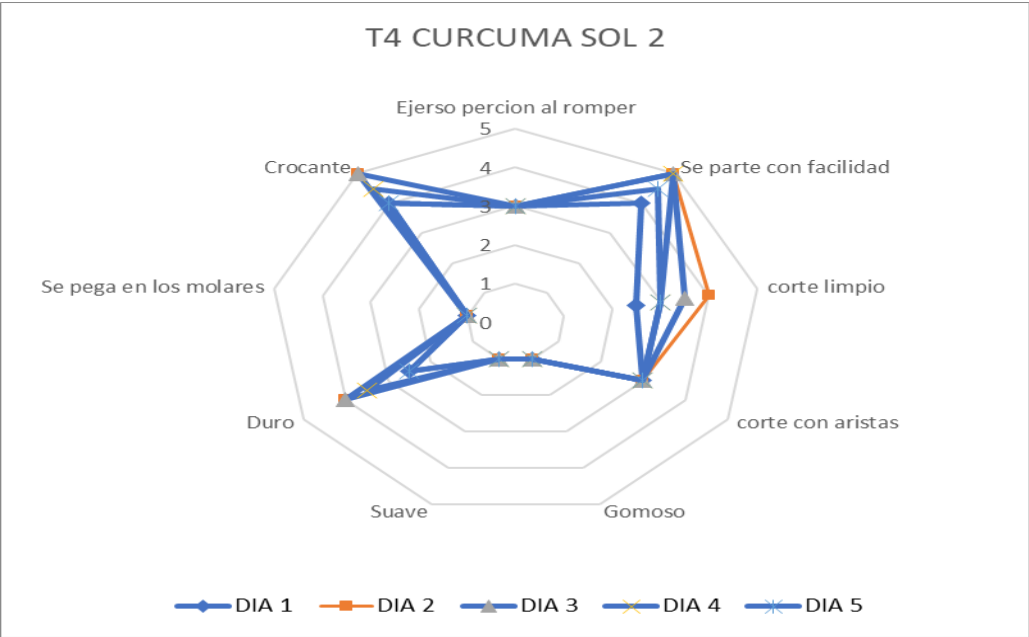


Gráfico 36 Valores medios, obtenidos de los cambios durante el tiempo de almacenamiento del tratamiento 1 (0% de Cúrcuma)

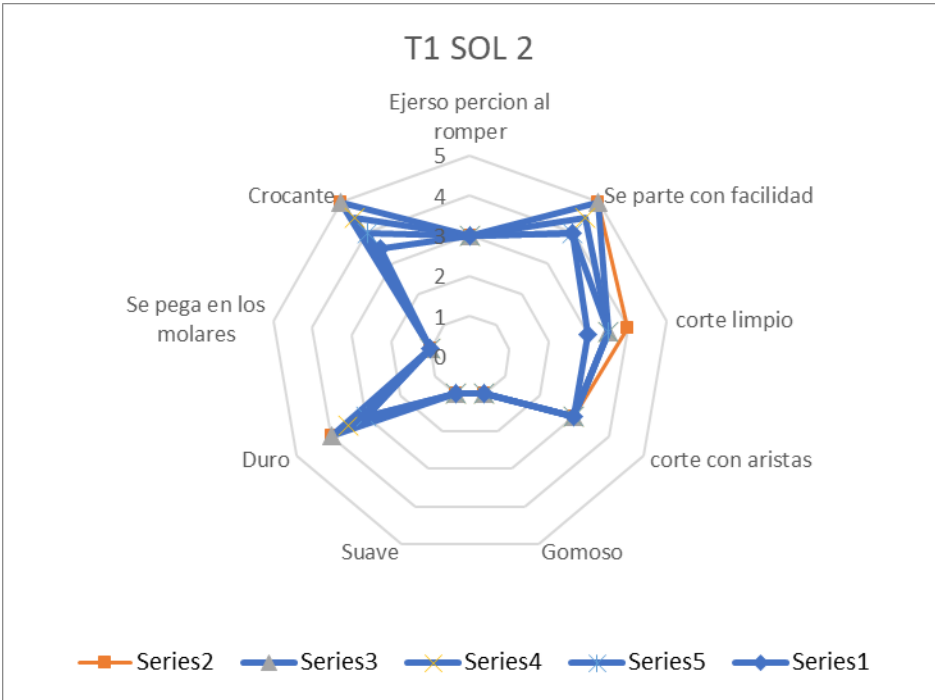


Gráfico 37 Valores medios, obtenidos de los cambios durante el tiempo de almacenamiento del tratamiento 2 (7.5% de Cúrcuma)

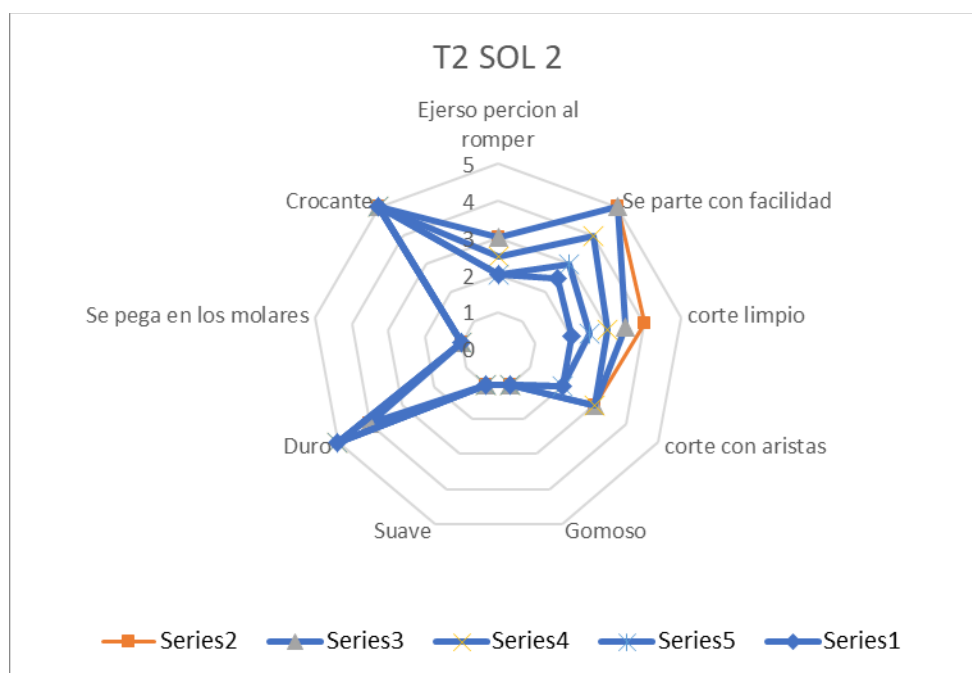


Gráfico 38 Valores medios, obtenidos de los cambios durante el tiempo de almacenamiento del tratamiento 3 (15% de Cúrcuma)

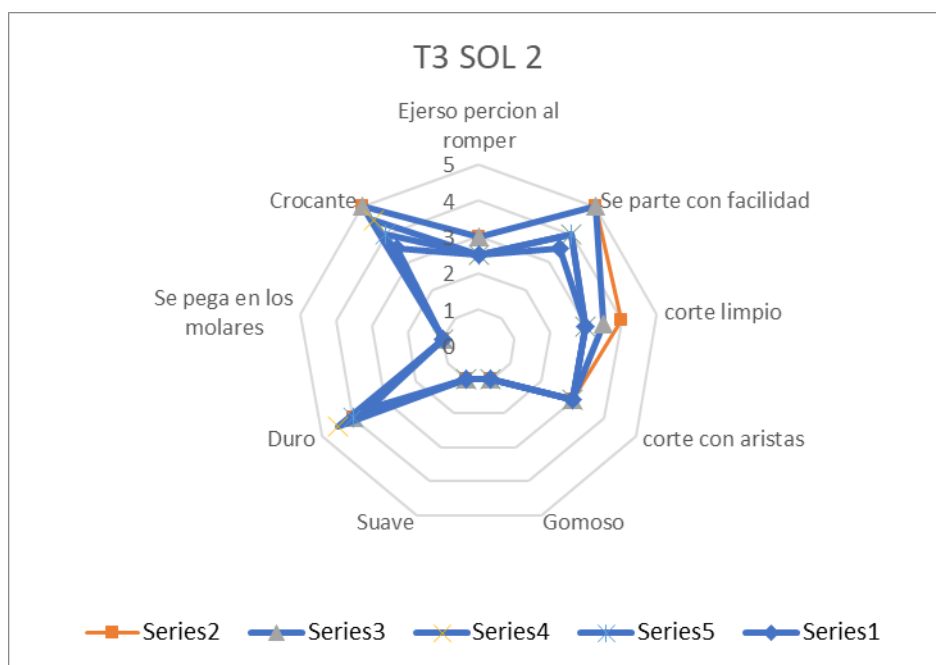


Gráfico 39 Valores medios, obtenidos de los cambios durante el tiempo de almacenamiento del tratamiento 4 (30% de Cúrcuma)

