



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD INGENIERIA
CARRERA DE AGROINDUSTRIA

Determinación de la estabilidad de galletas elaboradas con bagazo de zanahoria mediante el color y actividad de agua

Trabajo de Titulación para optar al título de Ingeniero Agroindustrial

Autores:

Guamán Peralta, Kevyn Alberto
Totoy Guapulema, María Piedad

Tutor:

Mgs. Ana Mejía López.

Riobamba, Ecuador. 2025

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Nosotros, Kevyn Alberto Guamán Peralta, con cédula de ciudadanía 060577628-5 y Maria Piedad Totoy Guapulema, con cedula de ciudadanía 060518635-2, autores del trabajo de investigación titulado: “Determinación de la estabilidad de galletas elaboradas con bagazo de zanahoria mediante el color y actividad de agua”, certificamos que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor (a) de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, a los 16 días del mes de mayo del 2025.



Kevyn Alberto Guamán Peralta

C.I: 060577628-5



María Piedad Totoy Guapulema

C.I: 060518635-2

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

Quien suscribe, Mgs. Ana Mejía López catedrático adscrito a la Facultad de Ingeniería por medio del presente documento certifico haber asesorado y revisado el desarrollo del trabajo de investigación titulado: Determinación de la relación del color y actividad de agua en galletas elaboradas con bagazo de zanahoria abiertas y almacenadas en el hogar, bajo la autoría de Kevyn Alberto Guamán Peralta y María Piedad Totoy Guapulema, por lo que se autoriza ejecutar los trámites legales para su sustentación.

Es todo cuanto informar en honor a la verdad; en Riobamba, a los 14 días del mes de mayo del 2025.



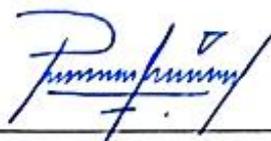
Mgs. Ana Mejía López
C.I: 0601948813

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación “Determinación de la estabilidad de galletas elaboradas con bagazo de zanahoria mediante el color y actividad de agua”, presentado por Kevyn Alberto Guamán Peralta, con cédula de identidad número 060577628-5 y María Piedad Totoy Guapulema, con cédula de identidad número 060518635-2, bajo la tutoría de Dra. Ana Mejía López; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba a los 16 días del mes de mayo del año 2025.

Paúl Ricaurte, PhD.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO



Daniel Luna, Mgs.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



José Miranda, PhD
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO





CERTIFICACIÓN

Que, **GUAMÁN PERALTA KEVYN ALBERTO** con CC: **060577628-5** y **TOTOY GUAPULEMA MARÍA PIEDAD** con CC: **060518635-2**, estudiantes de la Carrera de **AGROINDUSTRIA**, Facultad de **INGENIERÍA**; han trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado **“Determinación de la estabilidad de galletas elaboradas con bagazo de zanahoria mediante el color y actividad de agua”**, cumple con el **4% Similitudes** y **11% Textos** potencialmente generados por la IA de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **COMPILATIO**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 14 de mayo de 2025



Dra. Ana Mejía López
TUTORA

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada con todo mi amor y gratitud a Dios, por brindarme la fortaleza, la sabiduría y la paz necesarias para alcanzar esta meta.

A mis padres, Luis Guamán y Blanca Peralta, por su amor incondicional, por ser ejemplo de trabajo y perseverancia, y por estar siempre a mi lado, incluso en los momentos más difíciles, alentándome cuando creía que no podía continuar.

A mis hermanas Sandra, Jenny y Betty, por su constante apoyo, comprensión y por ser un sostén firme a lo largo de este camino. Gracias por estar siempre presentes con palabras de ánimo y cariño sincero.

A mis adoradas sobrinas Stefanny y Valentina, que con su ternura, alegría y espontaneidad llenan mi vida de motivación y esperanza. Son una inspiración para seguir luchando por mis sueños.

A Nayeli, por su cariño y por ser parte importante de este camino. Su presencia ha sido un soporte valioso que siempre guardaré con aprecio.

Y a mí fiel compañero, Rengoku, mi mascota, que con su presencia silenciosa pero constante, me brindó compañía y consuelo en los momentos de soledad. Su lealtad y energía fueron un alivio en mis días más pesados.

Este logro no habría sido posible sin el amor, la confianza y la fe inquebrantable de cada uno de ustedes. Este triunfo también les pertenece.

Kevyn Guamán

Este proyecto de tesis va dedicado en primer lugar a Dios quien es el creador de todas las cosas y el que siempre me dio fuerzas para continuar, mostrándome que todo a su tiempo siempre es lo más perfecto.

A mi madre Piedad Guapulema ya que sin ella no hubiera podido lograr alcanzar este objetivo, por ser un pilar fundamental en todo lo que soy, por inculcarme grandes valores y siempre enseñarme que nunca debo rendirme, que me ha acompañado en todos los aspectos de mi vida, por su gran apoyo y sacrificio.

A mis hermanos Mishell y Adrián por ser mi apoyo incondicional, por cada palabra de apoyo y motivación que me ayudaron a no rendirme en este proceso.

A mis sobrinos Brithanny y Eliel por ser una fuente de inspiración para seguirme superando, por cada sonrisa brindada en cada momento difícil fueron una muy linda fuente de inspiración.

A mi pequeño angelito MEST que se encuentra en el cielo, que se convirtió en un motivo fundamental de inspiración para seguir adelante y que donde quiera que se encuentre sepa que cada paso que doy va a ser pensando en él.

Finalmente, a todas y cada una de las personas que de una u otra manera, contribuyeron a culminar esta meta.

Maria Totoy

AGRADECIMIENTO

A lo largo de estos meses, han sido muchas las personas que, de una u otra forma, han contribuido significativamente a la realización de este trabajo. A todas ellas quiero expresar mi más sincera gratitud. Cada palabra de aliento, cada gesto de apoyo y cada momento compartido fueron esenciales para poder culminar esta etapa tan importante de mi vida.

En primer lugar, agradezco de corazón a la Mgs. Ana Mejía López, por su confianza, por compartir generosamente su conocimiento y por acompañarnos con paciencia y compromiso durante el desarrollo de este trabajo. Su guía fue clave en el logro de este objetivo.

A mí querida compañera de los últimos semestres, María Piedad Totoy Guapulema, gracias por tu apoyo incondicional, tu compañía constante y por motivarme a seguir adelante en los momentos difíciles. Tu dedicación, tu amistad y tu ejemplo de esfuerzo han dejado una huella profunda en mi vida.

También deseo agradecer profundamente a mis padres y hermanas, por ser mi mayor fortaleza y mi motor en cada paso; a mi pareja, por su comprensión, apoyo y por estar a mi lado con amor y paciencia; y a mi mascota, cuya compañía silenciosa y leal fue un consuelo en los días más exigentes.

A todos ustedes, gracias por hacer de este camino una experiencia más llevadera, significativa y llena de aprendizajes.

Kevyn Guamán

Quiero expresar mi más profunda gratitud a todos aquellos que han sido parte fundamental de este logro. Primeramente, agradezco a Dios por ser mi guía espiritual, por colmarme de sabiduría y salud a lo largo de este camino. A mí madre, cuyo apoyo incondicional ha sido el pilar de mi fortaleza; a mis hermanos, compañeros y consejeros constantes en este viaje; a mis sobrinos, mi mayor fuente de inspiración y motivación.

Mi gratitud se extiende a la Universidad Nacional de Chimborazo, institución que ha sido cuna de mi formación profesional y ha moldeado mi camino hacia la excelencia académica. A mi tutora de tesis, Mgs. Ana Mejía López, cuyo apoyo, sabiduría, consejos y paciencia ayudó a culminar con éxito este proyecto. A mi compañero y gran amigo de tesis Kevyn Alberto Guamán Peralta, le agradezco su apoyo incondicional, su paciencia y por convertirse en un hermano en este trayecto académico, ad.

A mis amigos, gracias por su compañía y por los momentos inolvidables compartidos. Su apoyo, palabras de aliento y capacidad para alegrar incluso los días más difíciles han sido cruciales para mantener mi motivación, por impulsarme a superarme y por cada aventura que quedará grabada en mi corazón.

Que este logro sea un homenaje a todos los que han confiado en mí y me han apoyado en esta travesía.

María Totoy

ÍNDICE GENERAL

DECLARATORIA DE AUTORÍA	
DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR	
CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL	
CERTIFICADO ANTIPLAGIO	
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
RESUMEN	
ABSTRACT	
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	14
1.1 Antecedentes.....	14
1.2 Problema.....	15
1.3 Justificación.....	16
1.4 Objetivos.....	17
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	18
2.1 MARCO REFERENCIAL	18
2.2 MARCO TEÓRICO	20
2.2.1 Agua en Alimentos	20
2.2.2 Actividad de agua y microorganismos.....	21
2.2.3 COLOR.....	22
2.2.4 Técnicas de medición de color.....	23
2.2.5 Escalas de medición de color.....	24
2.2.6 Pigmentos naturales	26
2.2.7 Ingredientes para elaborar las galletas	27
2.2.8 Descripción de los equipos utilizados en la medición de Aw y color	29
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....	30
3.1 Tipo de Investigación.	30
3.2 Diseño de Investigación.....	30
3.2.1 Elaboración de las galletas.....	30
3.2.2 Tipos de Almacenamiento:	32
3.2.3 Medición de Actividad de Agua y color:.....	33

3.2.4	Elaboración de los manuales de los equipos.....	33
3.3	Técnicas de recolección de Datos.....	34
3.4	Procesamiento de datos.	34
3.5	Métodos de análisis.	35
	CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	36
4.1	Formulación de las galletas con bagazo de zanahoria.....	36
4.2	Medición de color en las galletas	37
4.3	Manual de funcionamiento de los equipos de color y actividad de agua	47
	CAPÍTULO V. CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES	49
5.1	CONCLUSIONES.....	49
5.2	RECOMENDACIONES	49
	BIBLIOGRAFÍA.....	50
	ANEXO 1. Evidencias fotográficas.....	57
	ANEXO 2. Datos recolectados.....	58
	ANEXO 3. Manuales.....	62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Actividad del Agua y Deterioro Microbiano de los Alimentos.....	22
Tabla 2 Codificación de los Modos de Almacenamiento características.....	33
Tabla 3 Formulación de galletas con bagazo de zanahoria	36
Tabla 4 Resultados de Luminosidad de color en las galletas	37
Tabla 5 Datos de a^* de color en las galletas (ET9).....	38
Tabla 6 Resultados de b^* de color en las galletas	39
Tabla 7 Datos de A_w de los 3 tipos de almacenamiento	44
Tabla 8 Datos de color en las galletas EP1	58
Tabla 9 Datos de color en las galletas ET9	58
Tabla 10 Datos de color en las galletas EC5.....	59

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1</i> Paleta de Color CIELab	25
<i>Figura 2</i> Proceso de Elaboración de Galleta con Adición de Bagazo de Zanahoria	31
<i>Figura 3</i> Variación de $L^*a^*b^*$ durante 31 días en EP1	40
<i>Figura 4</i> Variación de color de las galletas EP1	40
<i>Figura 5</i> Variación de $L^*a^*b^*$ durante 31 días en ET9	41
<i>Figura 6</i> Variación de color de las galletas ET9	41
<i>Figura 7</i> Variación de $L^*a^*b^*$ durante 31 días en EC5	42
<i>Figura 8</i> Variación de color de las galletas EC5	42
<i>Figura 9</i> Variación de color de los 3 tipos de almacenamiento	43
<i>Figura 10</i> Actividad de agua de los 3 tipos de almacenamiento	45
<i>Figura 11</i> Correlación lineal EP1	46
<i>Figura 12</i> Correlación lineal ET9	47
<i>Figura 13</i> Correlación lineal EC5	47
<i>Figura 14</i> Supuesto Normalidad de la variación de color	60
<i>Figura 15</i> Supuesto Varianza constante de la variación de color	60
<i>Figura 16</i> Supuesto Independencia de la variación de color	61
<i>Figura 17</i> Supuesto Normalidad de A_w	61
<i>Figura 18</i> Supuesto Varianza constante de A_w	62
<i>Figura 19</i> Supuesto Independencia de A_w	62

RESUMEN

Las galletas son productos muy consumidos y es fundamental garantizar su textura crujiente durante el almacenamiento, en especial cuando se abre un paquete para utilizar solo algunas galletas y se desea conservar el resto para más adelante, por lo tanto, el objetivo principal de esta investigación fue evaluar la estabilidad de las galletas elaboradas con bagazo de zanahoria durante un mes, bajo diferentes condiciones habituales de almacenamiento en el hogar. Para ello se prepararon galletas utilizando un 8% de bagazo de zanahoria, un subproducto que aporta propiedades nutritivas y sostenibles. Las galletas fueron almacenadas en tres tipos de empaques: Empaque cerrado para evaluar la conservación óptima, empaque abierto y sujetado con una pinza que simula un uso parcial y en recipiente tipo topper con tapa para observar la efectividad de un empaque alternativo. Se midieron dos variables la actividad de agua y el color, para la medición de color se utilizó el sistema de coordenadas de color CIE Lab, obteniendo valores numéricos de luminosidad (L^*), rojo/verde (a^*) y amarillo/azul (b^*). Como resultado, la luminosidad aumentó ligeramente en todas las muestras, se observó una leve disminución en los valores de b^* , indicando un cambio en las tonalidades de amarillo a azul. La variación del color total (Delta E) incrementó en 6 unidades en comparación con el día 1, en particular en las galletas almacenadas en el topper y en la funda abierta. En cambio, la variación fue mínima en las galletas almacenadas en el empaque cerrado. Estas variaciones pueden atribuirse a la oxidación de los carotenoides presentes en el bagazo de zanahoria. En cuanto a cambios en la actividad de agua, se observó un incremento significativo en la actividad de agua durante el almacenamiento. Además, se notó que a medida que aumentaba la actividad del agua, disminuía la intensidad del color, lo que sugiere una relación inversa entre estas dos variables. Estos hallazgos ofrecen una guía valiosa para mejorar las prácticas de almacenamiento de galletas que no son consumidas inmediatamente, asegurando así su frescura y calidad a largo plazo y se resalta el uso potencial del bagazo de zanahoria promoviendo su aprovechamiento como subproducto valioso en la industria alimentaria.

Palabras claves: Colorímetro, actividad de agua, galletas, bagazo de zanahoria, almacenamiento.

Abstract

Since cookies are massively consumed products, it is essential to guarantee their crunchy texture during storage, especially when a package is being opened to consume only some cookies and it is necessary to keep the rest for later, therefore, the main aim of this research was to evaluate the crunchiness of cookies made with carrot bagasse during one month, under different usual conditions of home storage. We prepared cookies using 8% carrot bagasse, a by-product that provides nutritional and sustainable properties. They were stored in three types of packaging: closed packaging to evaluate optimal conservation, open packaging held with a clamp that simulates partial use, and in a topper-type container with a lid to observe the effectiveness of an alternative packaging. There were measured two variables: water activity and color. For the measurement of color we used the CIE Lab* color coordinate system, obtaining numerical values for lightness (L^*), redness/greenness (a^*) and yellowness/blueness (b^*). The results revealed that the lightness increased slightly in all samples, a slight decrease was detected in the values of “b”, denoting a change in the shades from blue to yellow. The variation in total color (Delta E) increased by 6 units compared with day 1, especially in cookies stored in the topper and in the open packaging. In contrast, the variation was minimal in cookies stored in closed packaging. These variations may be attributed to the oxidation of carotenoids present in the carrot bagasse. Concerning changes in water activity, a significant increase in water activity was observed during storage. Moreover, it was noticed that as water activity increased, the color intensity decreased, suggesting an inverse relationship between these two variables. These findings offer valuable guidance for improving storage practices for cookies that are not immediately consumed, thus ensuring their freshness and long-term quality, and highlight the potential use of carrot bagasse as a valuable by-product in the food industry.

Keywords:

COLORIMETER, WATER ACTIVITY, COOKIES, CARROT BAGASSE, STORAGE.

Reviewed by
Msc. ENRIQUE GUAMBO YEROVI
ENGLISH PROFESSOR
C.C. 0601802424



CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.

1.1 Antecedentes

Las galletas son productos ampliamente consumidos que requieren mantener su calidad y estabilidad durante el almacenamiento para satisfacer las expectativas del consumidor, por lo que conocer el efecto de la actividad del agua y el color en galletas y su estabilidad al ser almacenadas en diferentes formas es importante.

Se conoce que el color es lo primero que los consumidores notan al juzgar la calidad de un alimento, por lo que juega un papel fundamental en la aceptación de los productos en el mercado (Valdés et al., 2023).

Para impartirles características de color deseables, se añaden rutinariamente a los productos alimenticios colorantes, la industria alimentaria ha preferido los aditivos colorantes sintéticos en lugar de los colorantes naturales debido a su costo comparativamente bajo, su alta capacidad colorante y su estabilidad en las condiciones de procesamiento y almacenamiento. Aunque las preferencias de los consumidores hacia las etiquetas limpias y las preocupaciones de salud asociadas con el uso de colorantes sintéticos están cambiando esta práctica (Hidalgo, 2022).

En este contexto, los carotenoides son colorantes naturales responsables del color de diversas plantas y en ciertos alimentos. Los Carotenoides cuyos colores van de amarillos a rojos, se encuentran en alfalfa, zanahoria, onoto, pimentón, tomate entre otros vegetales y en algunos crustáceos y aves. Son los más abundantes y de mayor aplicación en la industria alimentaria humana y animal (Marcano, 2018).

Cabe indicar que, la producción de jugo de zanahoria produce una gran cantidad de residuos, conocidos como bagazo, que en muchas ocasiones no se aprovechan. Sin embargo, se ha detectado que estos restos pueden contener compuestos bioactivos (Escandón, 2024), tales como carotenoides que le imparten el color característico de la zanahoria, además contienen compuestos fenólicos, aceites esenciales y fibra dietaria. Por lo anterior, se ha sugerido la utilización de dichos subproductos para el enriquecimiento con sus compuestos bioactivos de diferentes alimentos elaborados (Ahumada, 2017).

Dada la importancia de medir el color, se han desarrollado diferentes sistemas los cuales son: CIE XYZ, el cual se basa en la medición espectral de una muestra y también el sistema CIE Lab el cual se caracteriza por que emplea espacios de color, siendo actualmente el sistema más utilizado para medir el color, lo cual permiten medir de manera objetiva este parámetro en los alimentos, analizando los cambios que puede llegar a sufrir un producto debido al procesamiento y mientras se encuentra almacenado, permite identificar aspectos importantes como su duración o vida útil. (Valdés et al., 2023).

La medición objetiva de color es mediante instrumentos que puede llevarse a cabo mediante diferentes técnicas, la mayoría de ellas rápidas, económicas y sencillas como la

que utiliza la industria alimentaria que es el colorímetro Hunter, este equipo tiene 3 valores de color diferente (L^* , a^* y b^*), donde L^* es un indicador de brillo/blancura que va de 0 (negro) a 100 (blanco), a^* señala la tendencia cromática entre rojo ($+a^*$) y verde ($-a^*$) y b^* señala la tendencia cromática amarillo ($+b^*$) y azul ($-b^*$) (Valdés et al., 2023).

Otro parámetro que mide la calidad y seguridad de los alimentos es la actividad del agua (A_w), ésta permite determinar su calidad de conservación junto con la capacidad de propagación de microorganismos, asimismo tiene un impacto directo sobre las características de textura, sabor, color, gusto y valor nutricional del producto por ello es indispensable su determinación (Pérez, 2024).

Alimentos como galletas y patatas fritas, la A_w afecta su crocancia. Investigaciones han demostrado que existe un nivel específico de actividad de agua en cada alimento, al superarlo, productos como cereales y galletas dejan de tener ese agradable crujido que tanto disfrutamos. (LabFerrer, 2018).

La actividad de agua toma valores entre 0 y 1. Como más bajo sea el valor de actividad de agua (más próximo a 0), menor es la cantidad de agua disponible para los microorganismos y el alimento será menos perecedero, lo contrario, como más alto sea el valor de actividad de agua (más próximo a 1) mayor es la cantidad de agua disponible para los microorganismos y el alimento tendrá una vida útil más corta (Cardona, 2019).

1.2 Problema

Las galletas son productos ampliamente consumidos que requieren mantener su calidad y estabilidad durante el almacenamiento para satisfacer las expectativas del consumidor. Es así que, cuando una galleta deja de ser crujiente, empiezan los problemas, apareciendo de forma rápida el descontento de los consumidores. Estudios muestran que un valor de actividad de agua (A_w) crítico es la frontera para que las galletas y productos como los cereales de desayuno dejen de crujir (LabFerrer, 2018).

Por otro lado, el color es un atributo sensorial que impacta directamente en la aceptación del consumidor, la adición de bagazo o afrecho de zanahoria que se produce en diversas industrias de jugos y bebidas, así como en mercados locales a las galletas mejora el valor nutricional del producto final proporcionando fibra y compuestos bioactivos (Otálora-Orrego & Martin G., 2021), aunque puede influir en su estabilidad debido a cambios en la actividad de agua y el color.

Por otra parte, el almacenamiento de las galletas juega un papel fundamental en mantener el mayor tiempo posible su calidad. Félix & Norton (2023), indica que cuando se almacenan galletas, si se abre un paquete para usar solo unas pocas y se desea guardar el resto para más tarde, es esencial elegir el recipiente adecuado para su almacenamiento con el fin de mantenerlas frescas el mayor tiempo posible, del mismo modo resalta que, para identificar la frescura de las galletas, se deben buscar signos de humedad, moho o decoloración.

Concretando, el problema a resolver fue conocer la afección en los parámetros de actividad de agua y color cuando se almacenan galletas una vez abiertas normalmente en condiciones en el hogar, como es, doblar el empaque o sujetar con una pinza, o también almacenar en un cualquier recipiente de plástico con tapa (topper), por lo cual surge necesidad de investigar para responder a las siguientes preguntas:

¿Cómo afecta a la actividad de agua y el color de las galletas elaboradas con adición de bagazo de zanahoria durante diferentes condiciones de almacenamiento una vez abiertas?

¿Cómo influye la actividad de agua en el color en las galletas?

¿Se puede desarrollar un protocolo estándar para evaluar y controlar la actividad de agua y el color en galletas enriquecidas con bagazo de zanahoria?

1.3 Justificación

EL almacenamiento de las galletas juega un papel fundamental en mantener el mayor tiempo posible su calidad. Félix & Norton (2023), indica que cuando se almacenan galletas, si se abre un paquete para usar solo unas pocas y se desea guardar el resto para más tarde, es esencial elegir el recipiente adecuado para su almacenamiento con el fin de mantenerlas frescas el mayor tiempo posible.

La actividad del agua (A_w) en galletas tiene un impacto directo afectando su color, textura, sabor, valor nutricional y tiempo de conservación, además, influye en el crecimiento de microorganismos que juega un papel importante en la estabilidad y calidad de los alimentos (Hurtado, 2019). En productos de panadería como las galletas, la actividad del agua no solo afectará la textura y frescura, sino también la estabilidad de los compuestos responsables del color. Una actividad del agua elevada puede acelerar reacciones químicas que deterioran los pigmentos naturales, mientras que una actividad del agua demasiado baja puede afectar negativamente la calidad sensorial del producto (Aconsa, 2020).

Con respecto a las afecciones de color por la actividad de agua, se debe tomar en cuenta que la apariencia visual de los alimentos, especialmente su color, es un factor importante que también influye en la percepción de calidad y aceptación por parte de los consumidores (Hutchings, 2018).

Por otra parte, el bagazo de zanahoria contiene vitaminas como A, C, E y K y minerales (Muñoz, 2020). Es rico en fibra dietética y carotenoides, presenta un $55.8 \pm 1.67\%$ de fibra dietética total y tiene un 31% y un 35% del contenido total de carotenos en comparación con las zanahorias frescas (Fabela, 2023). Sin embargo, este colorante natural se puede ver afectado con el paso del tiempo.

Por lo tanto, es importante abordar este tema al examinar los cambios en el color y la actividad del agua en galletas con bagazo de zanahoria durante un mes bajo distintas condiciones de almacenamiento, tales como empaque cerrado, empaque con pinza y topper con tapa. Esta información es fundamental al ofrecer información sobre las

prácticas de almacenamiento más efectivas, para que se pueda mantener la frescura y calidad de las galletas, sobre todo cuando estas son abiertas y se deben almacenar por un tiempo antes de consumirlas, conservando sus propiedades nutricionales y sensoriales.

Por lo tanto, la investigación sobre la estabilidad de galletas elaboradas con bagazo de zanahoria es necesaria por existe poca información sobre cómo afecta específicamente el bagazo de zanahoria a la actividad de agua y el color de las galletas durante el almacenamiento, también es necesario analizar si existe una relación entre actividad de agua y el color,

Por otra parte, se contribuye al desarrollo de productos que no solo son atractivos, sino también beneficiosos para la salud y sostenibles, al formular las galletas con adición de un subproducto de la industria de jugos de zanahoria, reduciendo el desperdicio y fomentando prácticas más sostenibles.

Por otra parte, al adquirir un colorímetro y un analizador de agua es necesario elaborar un manual de funcionamiento y cuidados de estos 2 equipos que facilitará la implementación de prácticas de laboratorio eficientes y estandarizadas.

1.4 Objetivos

General

Determinar la estabilidad de galletas elaboradas con bagazo de zanahoria mediante la medición de la actividad de agua y la coloración.

Específicos

- Elaborar galletas de harina de trigo con la adición del bagazo de zanahoria.
- Medir la actividad de agua y color en galletas en diferentes condiciones de almacenamiento.
- Elaborar un manual de funcionamiento y cuidados del colorímetro y actividad de agua incluido prácticas de laboratorio en diferentes muestras.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.

2.1 MARCO REFERENCIAL

En la investigación realizada por Cosi (2020), titulado “Evaluación de la pérdida de color en harina de lúcuma (*Pouteria lúcuma (R&P) Kuntze*) durante el almacenamiento”, indicó que la alteración o pérdida de carotenoides durante el procesamiento y almacenaje de alimentos ocurren a través del retiro físico, isomerización geométrica y oxidación enzimática y no enzimática de las frutas u hortalizas. Se evaluaron los parámetros de color utilizaron el Colorímetro Minolta CR-400, en el espacio de color CIE L*a*b*. Para la actividad de agua utilizaron el equipo AquaLab, a una temperatura de funcionamiento de 25 °C como promedio.

El mismo autor planteo periodos de almacenamiento de 0, 30, 45, 60 y 75 días en condiciones ambientales de temperatura máxima promedio de 17.6 °C a 21.7°C y humedad relativa promedio de 89 a 90 por ciento, con diferente empaçado y tipo de envase. Los resultados obtenidos relatan que la harina proveniente de lúcumas blanqueadas presentó un mayor índice de amarillez, mayor contenido de carotenoides, pero una menor actividad de agua, la diferencia de color aumentó progresivamente durante todo el almacenamiento en todos los tratamientos, en cuanto a la actividad de agua, se incrementó en todos los tratamientos hasta los 45 días de almacenamiento, manteniéndose casi constante a partir de este momento hasta los 75 días, por lo que mientras la actividad de agua se incrementa la pérdida de color se acentúa, la cual está muy relacionada con la pérdida de carotenoides (Cosi, 2020).

Según Cañar (2023), indica que, se ha investigado el uso de harinas compuestas como ingrediente principal en la elaboración de galletas dulces, centrándose en la mashua y la zanahoria blanca. En dicha investigación se emplearon tres proporciones diferentes de harina (50, 75 y 100%) y se llevaron a cabo diversos análisis fisicoquímicos, incluyendo la evaluación del color y la actividad de agua. Para medir la actividad de agua, se utilizó un medidor específico (Aqualab serie 3te.), mientras que el color se determinó con un colorímetro (LC 100.). Los resultados indicaron que no hubo diferencias estadísticamente significativas en la actividad de agua ($P>0,05$). En cuanto a la actividad de agua, las galletas elaboradas con harina mostraron un incremento desde el día 5 hasta el día 15, alcanzando un valor de 0,41. Por su parte, las galletas de mashua presentaron un aumento en su actividad de agua, pasando de 0,25 a 0,39 en el día 15. Las galletas de zanahoria blanca mostraron un comportamiento similar al de las galletas de mashua, alcanzando también un valor de 0,39 en el día 15. Los análisis del color utilizando la escala CIELab revelaron cambios significativos después de 15 días de almacenamiento, atribuibles a los azúcares, flavonoides, carotenoides y ácidos fenólicos presentes en la mashua y la zanahoria blanca.

En el estudio realizado por Otálora-Orrego & Martin G., 2021), la zanahoria contiene carotenoides especial en β -caroteno, empleada como colorante natural dentro del sector alimentario. Su obtención es posible por medio de diferentes técnicas de

extracción no convencionales, como la extracción por microondas, la extracción con fluidos supercríticos, la extracción con enzimas y, en especial, la extracción con ultrasonido. Esta técnica representa una opción sencilla, accesible, ágil y confiable. Además, utiliza solventes naturales provenientes de recursos renovables, esto abre un camino lleno de posibilidades para aprovechar el β -caroteno natural, conocido por sus múltiples beneficios para la salud.

Según la investigación realizado por Chamorro (2017) reporta que los carotenoides son de interés en la industria de alimentos debido al valor nutricional y propiedades como colorantes, indica también que en la zanaoria, el principal responsable del color característico es el beta-caroteno, alfa-caroteno y luteína y que las zanahorias anaranjadas tienen un 45 % a 80 % de β -caroteno acompañado de α -caroteno.

En la investigación realizada por Icaza-Tena (2018) titulada “La vida Útil de los alimentos y sus principales reacciones”, indicó que el efecto de histéresis es un fenómeno que se presenta en el momento en que comparamos una isoterma de desorción con la isoterma de adsorción del mismo producto. Ésta se debe a factores específicos de cada alimento, entre los que se encuentran los cambios físicos que se dan durante la deshidratación o hidratación, como lo son el colapso de los poros durante la deshidratación. El autor también indica que para la vida útil del alimento es importante considerar este efecto, ya que, si se toman decisiones únicamente con la isoterma de desorción, se puede cometer un grave error en el momento de decidir la permeabilidad del material de empaque, debido a que una muy pequeña cantidad de agua, puede modificar considerablemente la actividad de agua (A_w).

Chavez (2017) menciona que los resultados obtenidos indicaron que el valor de luminosidad (L^*) disminuyó a medida que el contenido de proteínas aumentó, siendo las galletas de 20% y 30% de sustitución de harina de castaña las galletas más oscuras, por ende, los análisis fisicoquímicos (color [L^* , a^* , b^*]), tuvieron como resultados que el producto se encuentra dentro del rango establecido cumpliendo con los parámetros esperados.

Garda (2020), en su libro titulado “Técnicas de manejo de los alimentos”, reportó que los alimentos contienen diferentes porcentajes de agua en su composición, lo cual influye en la ocurrencia de diferentes reacciones químicas mediante enzimas o por acción de microorganismo, además indica que alimentos que tienen menor cantidad de agua su vida útil es más prolongada, mientras aquellos con mayor cantidad de agua se llegan a dañar con más facilidad.

En la investigación realizada por Fernández et al. (2016), menciona que para determinar cuánto tiempo se mantienen en buen estado las galletas, se guardaron en un ambiente controlado y a la temperatura a la que normalmente se comercializan. Se las observó hasta que comenzaron a deteriorarse, señalando que su vida útil había concluido. Esto demuestra que la duración de los alimentos está conectada a cómo percibimos sus características sensoriales.

Montoya & Vásquez (2016) indicaron que la distribución del agua en las distintas zonas del alimento puede restringir ciertos procesos, afectando negativamente la textura. Además, la humedad que se mueve dentro del sistema alimenticio puede provocar que la sacarosa vuelva a cristalizarse, lo que a su vez modifica la firmeza del producto y aumenta la actividad del agua. En las pruebas aceleradas que realizaron a temperaturas de 30, 40 y 50 °C y humedad relativa elevada de 100%, indican que mostraron una disminución de la vida útil conforme aumenta de la temperatura y tiempo. Concluyen diciendo que la duración de los alimentos envasados en plástico depende de cómo se producen ciertos procesos de intercambio de sustancias, los cuales pueden influir en que el producto mantenga su calidad y sea seguro para el consumo.

Puma et al. (2018) autores de la investigación “Vida en anaquel de galletas saladas utilizando pruebas aceleradas”, analizaron que, a 55 °C, el aumento la A_w , siendo más notable en comparación con temperaturas de 35 y 45 °C. Además, se evidenció que la temperatura tiene un impacto más significativo en la A_w en aquellos alimentos que presentan niveles bajos de A_w , en cambio, en productos con una A_w alta, el efecto de la temperatura resulta ser mucho menos pronunciado; en cambio, en alimentos de alta A_w , el efecto de la temperatura es mínimo.

Pino et al., (2022) indicaron que entre menos procesamiento tenga la elaboración de un colorante natural, será más valorado como un producto saludable. Además, mencionaron que los carotenoides son pigmentos naturales que se pueden encontrar en una variedad de vegetales y que van desde amarillos y rojo-anaranjado hasta rojos, los cuales son utilizados en diversos productos alimenticios, entre ellos la pastelería.

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 Agua en Alimentos

El agua es el componente principal de casi todos los alimentos, así como también es el componente primordial de nuestro cuerpo, el cual desempeña un papel crucial en procesos vitales como la digestión, la absorción de nutrientes y la eliminación de toxinas. Además, es indispensable para que el sistema circulatorio transporte oxígeno y nutrientes a todas las células. Para mantener una buena hidratación, se aconseja beber alrededor de 2 a 3 litros de agua a lo largo del día (Arévalo, 2017).

El agua constituye una parte fundamental en los alimentos, el cual desempeña un papel fundamental en su vida útil. El agua influye en la apariencia de frutas y verduras otorgándoles una textura frágil (ya que el 80 a 95 % de su composición es agua); es la responsable de la turgencia característica de las células vegetales que está dada por la vacuola. Además, otorga sabor y participa en la preparación de los alimentos dispersando ingredientes. También interfiere en la estructura de frutas, verduras y carnes interviniendo en la apariencia y es responsable de su deterioro (Barcia et al., 2024).

En los alimentos, el agua puede componerse en dos formas principales: agua ligada y agua libre o disponible. El agua ligada forma parte de la estructura molecular del

alimento, practicando en interacciones como los puentes de hidrógeno con partes de la estructura del alimento o disolviendo iones como en el caso de la sal (Cloruro de Sodio) o en el caso del azúcar (como la sacarosa) y ácidos (como el acético en el vinagre). En estos últimos casos, si bien es cierto que el agua está presente en el alimento, está siendo requerida por iones y partes polares de algunas moléculas. Como resultado, su disponibilidad para participar en reacciones bioquímicas o favorecer el crecimiento de microorganismos se ve reducida por ello no se considera “agua libre”, sino “agua ligada”, lo que influye significativamente en la estabilidad y vida útil del alimento. (Barcia et al., 2024)

Por otra parte, en el área alimenticia, cuando hablamos de A_w , nos referimos a la cantidad de agua libre que está disponible dentro de un alimento. Parte fundamental porque determina cuánto tiempo puede conservarse el producto y también qué tipos de microorganismos pueden desarrollarse en él, generando enfermedades transmitidas por alimentos. Actualmente, la actividad de agua se considera un parámetro de calidad y un punto crítico de control dentro de los sistemas de inocuidad alimentaria (Castañeda et al., 2023)

Castro (2022) también señala que la actividad de agua (A_w) es un parámetro que indica la cantidad de agua disponible en un alimento para que ocurran reacciones químicas, bioquímicas y microbiológicas; siendo un indicador que ayuda a predecir la vida útil de un alimento.

La actividad de agua tiene un valor máximo de 1.0 y un valor de 0.0. Los alimentos con actividad de agua más próxima a 1 son más inestable y corresponden a alimentos perecibles, mientras que un alimento con actividad de agua próxima a 0, se considera un alimento menos perecedero, por tanto, más estable (Barrios, 2019).

La actividad de agua según Tapia (2020) se mide en los siguientes productos: Alimentos frescos, cereales, alimentos deshidratados, carnes, frutos, productos lácteos, alimentos salados.

2.2.2 Actividad de agua y microorganismos

La actividad del agua influye directamente en la reproducción de microorganismos. En particular las bacterias necesitan una actividad de agua mayor a 0,91 necesitando una actividad del agua superior para su proliferación.

En la tabla 1 se encuentra de A_w en el cual se puede inhibir el deterioro microbiano de los alimentos.

Tabla 1*Actividad del Agua y Deterioro Microbiano de los Alimentos*

Intervalo de Aw	Microorganismos Inhibidos	Tipos de Microorganismos	Alimentos
1.00 – 0.95	Levaduras, bacilos, grandes negativos, esporas bacterianas.	<i>Salmonella</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Clostridium botulinum</i> , y <i>Listeria monocytogenes</i>	Carne, pescado, fruta, verduras frescas.
0.93 – 0.98	Mayoría de cocos, lactobacilos, células vegetativas de bacilos, algunos mohos.	<i>Clostridium perfringens</i> y <i>Staphylococcus aureus</i>	Embutidos fermentados, quesos de corta duración, productos cárnicos.
0.85 – 0.93	Mayoría de mohos y bacterias.	<i>Staphylococcus aureus</i> , mayoría de mohos, <i>Clostridium botulinum</i>	Embutidos curados y maduros, el jamón serrano o la leche condensada
0.60 – 0.85	Mohos xerófilos	<i>Aspergillus</i> y <i>Penicillium</i> , <i>Debaryomyces hansenii</i> , <i>Saccharomyces bisporus</i>	Frutos secos, los cereales, mermeladas o quesos curados.
< 0.60	Mohos y Levaduras	<i>Saccharomyces rouxii</i> , <i>Aspergillus echiulatus</i> , <i>Monascus bisporus</i>	Es el caso del chocolate, la miel, las galletas o los dulces.

Nota. Adaptado de Tapia, (2020)

(<https://acfiman.org/wpcontent/uploads/2022/07/LXXX.N2.P18-40.2020.pdf>)

2.2.3 COLOR

El color de los alimentos es una de las principales características sensoriales que permite evaluar su calidad percibida. El color es un parámetro visible al ojo humano, el cual influye en la aceptación de los alimentos por parte de los consumidores. Debido a esto se han creado métodos de medición del color, los cuales permiten analizar las variaciones que pueden presentar durante el procesamiento y el almacenamiento del producto; además, ayudan a determinar la vida útil del producto. (Valdés et al., 2023).

El color, más allá de ser un simple atributo visual, es un elemento fundamental en la industria alimentaria. Influye directamente en la percepción del consumidor sobre un producto, desde su calidad hasta su sabor. La colorimetría, es una ciencia que estudia la medición del color y se basa en la descomposición de la luz en sus tres colores primarios (rojo, verde; amarillo y azul) para cuantificar y analizar los matices de los alimentos (Vega, 2022).

El color en los alimentos varía por diversos procesos, como los químicos y físicos que ocurren a lo largo del procesamiento. Este parámetro es uno de los más importantes en la industria alimentaria; para que el comprador acepte el producto, el color depende de los pigmentos que tiene el alimento, la luminosidad, entre otros parámetros. La pigmentación de los productos tiene un efecto psicológico en los consumidores, ya que las personas asocian los colores intensos con sabores más fuertes. Los psicólogos se han centrado principalmente en bebidas y que el color puede ser modificado con una gran facilidad siempre y cuando no estén almacenados ni embotellados de la manera correcta. (Valdés et al., 2023).

2.2.4 Técnicas de medición de color

La colorimetría emplea métodos científicos para medir el color de manera objetiva, con el fin de aproximarse lo más posible a la experiencia subjetiva de la percepción visual. Es decir, se busca cuantificar la sensación de color tal como la experimenta el ojo humano, sin limitarse a analizar las propiedades físicas de la luz (Datacolor, 2019)

Para la medición del color se utilizan dos instrumentos de medición principalmente: los colorímetros de filtros y los espectrofotómetros.

Los colorímetros de filtros

Los colorímetros de filtro son instrumentos que evalúan el color de un objeto al compararlo con un estándar predefinido. Estos dispositivos emiten una luz específica sobre la muestra y analizan la porción de luz reflejada a través de filtros rojo, verde, azul y amarillo. Su principal aplicación radica en garantizar la calidad de productos, verificando que los colores obtenidos se encuentren dentro de los parámetros establecidos. La rapidez y sencillez de uso son características destacadas de estos equipos (Datacolor, 2019).

Espectrofotometría

Los espectrofotómetros son instrumentos ópticos que descomponen la luz reflejada o transmitida por una muestra en sus componentes de color individuales. Midiendo con alta precisión la intensidad de cada longitud de onda, estos equipos permiten determinar con exactitud las características cromáticas de un material. Su aplicación es fundamental en la industria, ya que facilitan la cuantificación precisa del color y su composición espectral (Datacolor, 2019).

2.2.5 Escalas de medición de color

Sistema Munsell

El sistema de color Munsell, desarrollado en 1915 por Albert Henry Munsell, es una herramienta fundamental en la industria de las pinturas. Su estructura, que evolucionó de una esfera a un árbol con múltiples ramificaciones, permite a los fabricantes crear una amplia variedad de tonalidades, convirtiéndolo en un sistema muy versátil (Gallardo, 2015).

Sistema Hunter

En la industria alimentaria, el color se mide mediante el sistema Hunter, el mismo utiliza un espacio cromático CIELab (L^*, a^*, b^*). En el sistema detallado con anterioridad, el parámetro L^* indica la luminosidad del producto, con valores que oscilan entre 0 (negro) y 100 (blanco). Por otra parte, a^* indica la variación entre los tonos rojo a verde, donde verde corresponde a los valores negativos y rojo a los positivos. Por otra parte, el valor b^* indica los tonos azules a amarillo, siendo los negativos los azules y los positivos la tonalidad amarilla (Valdés et al., 2023).

Sistema CIE XYZ

El espacio de color XYZ se basa en los componentes primarios X, Y y Z, conocidos como colores triestímulo. Se derivan de principios físicos definidos mediante expresiones matemáticas cuantificables, cuyos valores suelen normalizarse dentro del intervalo (0, 1). Este modelo permite representar el color en función de dos propiedades fundamentales: la cromaticidad y la luminancia. Para fines de referencia, se emplea el blanco de coordenadas XYZ: $WXYZ = (0.974, 1, 0.805)$, en cual corresponde al punto D50 (Valdés et al., 2023).

Sistema $L^*C^*H^*$

En este espacio de color L^* indica luminosidad, C^* representa croma o saturación, y h^* es la distancia desde el eje de luminosidad (L^*), y h^* es el ángulo de matiz, que comienza en el eje $+a^*$ y es expresado en grados (0° es rojo, y 90° es amarillo) (Salas & Tovalino, 2018).

Sistema CIE $L^*a^*b^*$

CIELAB es una herramienta denominada como un espacio de color, fundamental para entender y comunicar el color. Nos permite medir las diferencias entre colores de manera precisa y objetiva, es ampliamente utilizado en la industria para controlar la calidad del color y garantizar la consistencia el que distancias iguales tiene como objetivo representar diferencias de color. Es uno de los espacios de color más utilizados. Los estudios incluyen la diferencia del color y la evaluación de la diferencia que existe (Luo, 2023).

Los científicos que estudian los alimentos utilizan CIELAB para analizar los colores de manera muy detallada, pueden identificar pequeñas diferencias de color que nuestros ojos a veces no pueden detectar. Lo cual permite comprender cómo los consumidores perciben los productos y que factores influyen en su elección, pero los fabricantes pueden asegurarse de que los alimentos que produce tengan siempre el mismo color atractivo (Talens, s. f.).

La tolerancia de color es una medida que nos dice cuánto puede cambiar el color de un producto sin que se considere defectuoso. Utilizando un sistema de coordenadas especiales (Lab*), podemos cuantificar estas diferencias de color y compararlas con lo que el consumidor espera (Talens, s. f.).

El sistema Lab* es como un diccionario para los colores. Nos proporciona una forma precisa de describir y comparar diferentes tonalidades, desde los más claros hasta los más oscuros, y desde los más cálidos hasta los más fríos (Konica Minolta, 2020).

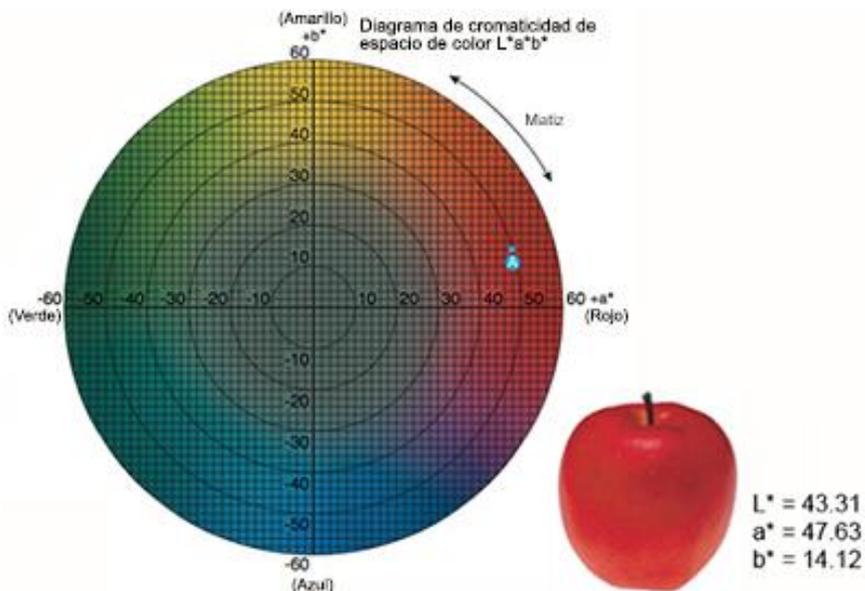
L* = Luminosidad

a* = coordenadas rojo / verde (+a indica rojo, -a indica verde)

b* = coordenadas amarillo / azul (+b indica amarillo, -b indica azul)

Figura 1

Paleta de Color CIELab



Nota. Tomado de: Konica Minolta Sensing Americas, (2020)

2.2.6 Pigmentos naturales

Clorofila

La clorofila, presente en los cloroplastos de las plantas, es el pigmento más común en la tierra. Estas son esenciales para la fotosíntesis y responsables del característico color característico. Existen principalmente dos tipos de clorofila: la A y la B, cada una con un papel fundamental en la captura de energía lumínica. La **clorofila A** representa aproximadamente el 75% de toda la clorofila de las plantas verdes y la **clorofila B** que actúa como un colector de luz complementario a la clorofila A. Capta longitudes de onda lumínicas que la clorofila A no puede absorber directamente y, posteriormente, cede esta energía a la clorofila A para que inicie el proceso de conversión de energía lumínica en energía química (Cubillos & Pava, 2021).

Antocianinas

Las antocianinas son compuestos responsables de una variada gama de tonalidades, desde el rojo intenso hasta el púrpura. Las mismas cumplen una función esencial en las plantas, actuando como una barrera frente a la radiación solar y facilita la atracción de insectos polinizadores. Su estabilidad se ve influenciada por diversos factores ambientales y químicos, tales como el pH y la interacción con otras moléculas (Cubillos & Pava, 2021).

Flavonoides

Este pigmento, distinguido por su tonalidad amarilla y su elevada solubilidad en agua. Su función biológica consiste en brindar protección frente a agentes oxidantes, como la radiación solar (Cubillos & Pava, 2021).

Betaninas

Cubillos & Pava (2021), clasifica a las betaninas en dos grandes grupos:

1. **Betacianinas:** Se han identificado más de 50 pigmentos naturales de tonos rojos y violetas, extraídos principalmente de fuentes vegetales como la remolacha y los frutos de la tuna. Algunos hongos, específicamente los basidiomicetos, también aportan a esta amplia paleta cromática.
2. **Betaxantinas:** Un grupo de aproximadamente 25 compuestos de tonalidad amarilla se hallan tanto en ciertas variedades de hongos tóxicos, como la amanita muscaria, como en las bayas del cactus pitaya

Taninos.

Estos pigmentos se obtienen de una amplia variedad de plantas, como robles, castaños. Pertenecen al grupo de los compuestos fenólicos y exhiben una rica paleta

cromática que abarca desde tonos amarillos hasta marrones oscuros. Su característico sabor amargo y aroma intenso los distinguen de otros colorantes (Cubillos & Pava, 2021)

Carotenos

Los carotenoides se caracterizan por ser metabolitos lipofílicos de gran diversidad estructural bio sintetizados por todos los organismos fotosintéticos como plantas, algas, cianobacterias y por algunas bacterias y hongos no fotosintéticos a los cuales otorgan distintivos colores amarillo, naranja y rojo (Meléndez et al., 2019). En las plantas, los carotenoides normalmente se encuentran incrustados en las membranas de los cloroplastos y cromoplastos, cuyas estructuras especializadas permiten secuestrar grandes cantidades de pigmento (Ortega & Suquitana, 2023).

Los carotenoides son uno de los principales antioxidantes alimentarios. Los principales carotenoides son: α -caroteno, β -caroteno, β -criptoxantina, licopeno, zeaxantina y luteína. Estos constituyen el 70 % de los carotenoides circulantes en el plasma y acumulados en los tejidos humanos. Además de su función antioxidante, algunos carotenoides son precursores de la vitamina A y otros retinoides, que juegan un papel importante en el ciclo visual y en la regulación de los genes vinculados a muchos procesos fisiológicos y del desarrollo embrionario y fetal, la diferenciación celular y el control metabólico (Aina et al., 2021).

Función que cumplen los carotenoides en los alimentos

Suárez et al. (2019), indica que los carotenoides son pigmentos usados en la industria como aditivos para mejorar el aspecto de los productos. En las industrias farmacéutica, de alimentos y cosmética tienen mucha importancia debido a la asociación de la seguridad del producto con su apariencia. Entre los carotenoides de mayor importancia industrial, se encuentran:

La astaxantina constituye el segmento de más rápido crecimiento en el mercado de carotenoides de Estados Unidos, impulsado por su uso en la acuicultura.

La luteína y la zeaxantina son los carotenoides más utilizados como aditivos alimentarios y la industria cosmética aprovecha sus características antioxidantes para utilizarlos como suplementos nutricionales y componentes de cremas para bronceado.

El β - caroteno, ampliamente utilizado en alimentos y suplementos terapéuticos, constituye el segmento de carotenoides más grande en el mercado mundial. La creciente popularidad del β -caroteno es atribuida a sus beneficios para la salud y actualmente es el carotenoide con más aplicaciones en la industria de alimentos

2.2.7 Ingredientes para elaborar las galletas

Harina de trigo

Las harinas de grano entero de trigo son fuente de fibra 12 g por cada 100 gr, antioxidantes, vitaminas y nutrientes como zing, vitamina b6, magnesio, calcio, contiene un 14% de humedad, de igual manera posee capacidad de hidratación y mezclado para formar masas viscoelásticas (Calixto et al., 2021).

Mantequilla

La mantequilla es un producto lácteo elaborado a partir del batido de crema fresca o fermentada, compuesta de grasa láctea, agua y proteínas de la leche, con un contenido mínimo del 84% de grasa. La mantequilla es elaborada con mayor frecuencia a partir de leche de vaca, pero también se puede elaborar a partir de la leche de otros mamíferos, como ovejas, cabras, búfalos, camellos y yaks (Castro, 2022).

Huevo

El huevo es un alimento de fácil acceso, económico y con bajo impacto calórico en la dieta, lo cual lo convierte en una de las opciones más idóneas para mantener una dieta balanceada y para aporte de selenio, contiene 13 gramos de proteína por cada 100 gramos de huevo, además, de que contiene vitaminas como A,D y B1. (Ulloa et al., 2021).

Extracto de vainilla

La vainilla es considerada como uno de los saborizantes más populares del mundo, con una concentración del 0.3 al 3% en las vainas de vainilla. La vainillina natural se extrae de las vainas de vainilla (Mendoza et al., 2021).

Azúcar morena

Derivado de la sacarosa, tiene un marcado color marrón parduzco y se produce en muchos países como: Sudamérica, África y Asia. En presencia de melazas con un 3,5 a 6,5%, este azúcar adquiere su color marrón, ya que está compuesto por glucosa, aminoácidos, sacarosa, iones metálicos, vitaminas B1 y B2 y otros compuestos (Mejía, 2020).

Azúcar blanca

El azúcar procede de la caña de azúcar, la caña de azúcar contiene entre un 12 y un 13% de sacarosa. La sacarosa es un disacárido formado por los carbonos glucosa y fructosa (Mejía, 2020).

2.2.8 Descripción de los equipos utilizados en la medición de A_w y color

Equipo actividad del agua modelo WA-60A

Este medidor portátil de actividad de agua ofrece una solución sencilla y precisa para determinar la actividad del agua en tus muestras, con exactitud de 0.03 A_w , fácil de medir la actividad de agua en cualquier momento y en cualquier lugar. Gracias a su precisión y a las múltiples funciones que ofrece como la posibilidad de medir al mismo tiempo la actividad de agua y la temperatura, este equipo se ha convertido en una herramienta clave en distintas áreas de trabajo. Además, incorpora opciones tanto de apagado automático como manual, lo que ayuda a optimizar el consumo de energía y prolongar la vida útil del dispositivo (Medidor de actividad de agua para alimentos, WA-60A, s. f.).

Equipo de color modelo WR-10QC

Este medidor de color es como un ojo experto, capaz de distinguir los más mínimos detalles de color. Su pantalla es increíblemente precisa, mostrando los colores con una exactitud de hasta 0.01. Además, consume muy poca energía gracias a su batería de litio, lo que lo hace ideal para un uso prolongado (Manual del usuario de apariencia del colorímetro, 2021).

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.

3.1 Tipo de Investigación.

Esta investigación tiene un enfoque cuantitativo, debido a que se manejaron datos numéricos que se obtuvieron del análisis de actividad de agua y color.

Los equipos utilizados para medir la actividad de agua y el color fueron adquiridos por los autores de esta investigación. Estos serán donados a los laboratorios de calidad de la carrera de Agroindustria de la Universidad Nacional de Chimborazo, donde contribuirán a la formación académica de los estudiantes. Con estos equipos, los estudiantes podrán realizar análisis de color y actividad de agua en una amplia variedad de productos alimenticios, tales como lácteos, cárnicos, cereales, frutos secos, entre otros.

3.2 Diseño de Investigación

Para evaluar cómo la actividad de agua y el color de las galletas elaboradas con bagazo de zanahoria cambian a lo largo del tiempo bajo condiciones de almacenamiento típicas en el hogar se utilizó un diseño de medidas repetidas.

El bagazo fue recolectado de los residuos que se extrae a partir de los jugos de zanahoria obtenidos del mercado La Merced ubicado en la ciudad de Riobamba.

El diseño de medidas repetidas es una herramienta para entender los cambios que ocurren a lo largo del tiempo y evaluar los efectos de diferentes tratamientos en las mismas unidades experimentales (Schober & Vetter, 2018).

En este estudio, las unidades experimentales fueron las galletas con adición de bagazo de zanahoria y los tratamientos consistieron en diferentes tipos de almacenamiento: sellado, abierto con pinza y topper con tapa.

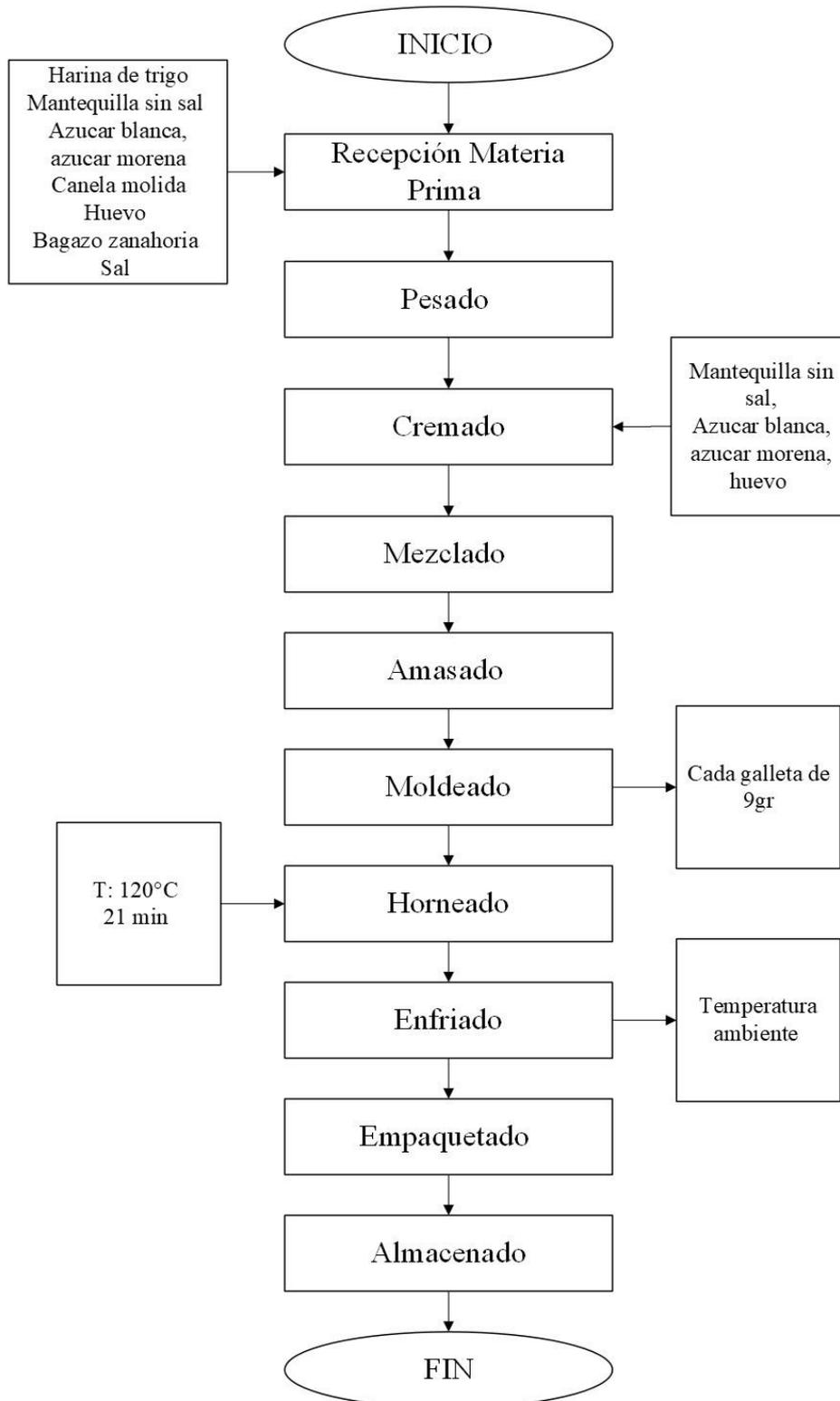
Los parámetros analizados fueron actividad de agua y color que se tomaron durante un período de 31 días.

3.2.1 Elaboración de las galletas.

Para desarrollar una formulación óptima de galletas con bagazo de zanahoria, se realizaron varias pruebas variando la concentración del bagazo. A continuación, se describe el procedimiento de elaboración detallado, que se resume en el diagrama presentado en la figura 2.

Figura 2

Proceso de Elaboración de Galleta con Adición de Bagazo de Zanahoria



La elaboración de las galletas con bagazo de zanahoria se realizó siguiendo una serie de pasos meticulosamente ejecutados, detallados a continuación:

1. Recepción y pesado de materias primas: Se recibieron los ingredientes necesarios para la elaboración, los cuales fueron pesados por separado. Entre ellos se incluyeron: harina de trigo, mantequilla sin sal, azúcar blanca, azúcar morena, canela molida, huevos, bagazo de zanahoria y sal.

2. Cremado: En esta etapa se batieron la mantequilla, los huevos y ambos tipos de azúcar hasta obtener una mezcla suave, ligera y homogénea. Este paso es clave para incorporar aire en la masa, lo que ayuda a lograr una textura final más crujiente y ligera en las galletas.

3. Mezclado: Una vez cremada la mezcla, se añadieron el resto de los ingredientes. Se mezcló cuidadosamente hasta asegurar que todos los componentes estuvieran bien integrados y distribuidos de manera uniforme.

4. Amasado: La mezcla se trabajó manualmente hasta formar una masa de textura suave y con la consistencia adecuada para el moldeado.

5. Moldeado: La masa se dividió en porciones individuales de aproximadamente 9 gramos, dándoles forma de bolitas, que posteriormente se aplanaron ligeramente para adquirir la forma característica de las galletas.

6. Horneado: Las galletas se colocaron en bandejas y se hornearon en un horno precalentado a 120 °C durante cerca de 21 minutos, hasta que presentaron un tono dorado y una textura crujiente al tacto.

7. Enfriamiento: Una vez horneadas, las galletas se dejaron enfriar completamente en un recipiente con sílice gel para evitar la absorción de humedad ambiental.

8. Empaquetado: Finalmente, las galletas enfriadas se empaquetaron adecuadamente para su almacenamiento y posterior análisis.

3.2.2 Tipos de Almacenamiento:

Con la formulación más idónea se preparó un lote de galletas, que fueron sometidas a un estudio de estabilidad en diferentes escenarios comunes en el manejo y conservación de galletas a nivel doméstico, con el objetivo de evaluar su vida útil y calidad mediante la medición de los parámetros de actividad de agua y color.

El lote de galletas se dividió en tres grupos almacenados a temperatura ambiente y a un tipo específico de almacenamiento como se indican en la tabla 2.

Tabla 2

Codificación de los Modos de Almacenamiento características

Codificación	Tipo de Almacenamiento	Características
EC5	Empaque cerrado	Este grupo fue envasado en bolsas de polipropileno metalizado, son fundas flexibles con alta barrera contra humedad y oxígeno, que prolongan la vida útil del producto. Destacan por su brillo y apariencia llamativa, además de ser resistentes a perforaciones y flexibles, protegiendo el contenido (Tobilla, 2024).
EP1	Empaque con pinza	Este grupo fue colocado en el mismo tipo de bolsas de polipropileno metalizado, pero sujeta con una pinza
ET9	Topper con tapa	En este caso, las galletas fueron colocadas en recipientes tipo "topper" con tapa hermética. Estos recipientes, generalmente fabricados con polipropileno (PP) N°5, ofrecen una mayor barrera contra la humedad y el oxígeno en comparación con las bolsas de polietileno (Christyanne, 2024).

3.2.3 Medición de Actividad de Agua y color:

La actividad de agua y el color de las galletas se evaluaron justo después de abrir cada empaque. Las mediciones se realizaron desde el primer hasta el día 31 del almacenamiento, y la frecuencia varió según los cambios que se iban observando en las muestras. Durante la primera semana, los análisis se efectuaron a diario para registrar cualquier variación temprana. A partir de la segunda semana, y dado que los cambios comenzaron a estabilizarse, las mediciones se realizaron cada tres días. Todas las mediciones y tratamientos se realizaron por triplicado para garantizar la precisión y fiabilidad de los resultados. Los equipos utilizados fueron un medidor de actividad de agua RaeSung, modelo WA-60 y un colorímetro FRU, modelo WR-10QC modelo WR-10QC.

3.2.4 Elaboración de los manuales de uso de los equipos

En el anexo 3 se encuentran los manuales de funcionamiento y cuidados del colorímetro y actividad de agua, se incluyen prácticas de laboratorio en diferentes muestras.

3.3 Técnicas de recolección de Datos

Los datos se recolectaron de las mediciones de la actividad de agua (A_w) y el color tomadas en las galletas elaboradas con bagazo de zanahorias.

El protocolo para la medición de la actividad de agua fue el siguiente:

- Se tomaron tres galletas al azar de cada empaque. Cada galleta se trituró por separado con la ayuda de un mortero.
- Las muestras trituradas se colocaron en las placas de muestra y se colocó el sensor del medidor sobre la placa.
- Se presionó la tecla de encendido del equipo y se dejó reposar durante aproximadamente 5 minutos hasta que la lectura se estabilizó.
- Una vez obtenida la lectura, se registró el resultado de actividad del agua.
- Después de concluido los análisis, se mantuvo presionada la tecla de encendido durante aproximadamente 3 segundos para apagar el medidor.
- Se limpió la placa de muestra para su próximo uso.

El protocolo para la medición de Color consistió en:

- Encendido del equipo para lo cual se mantuvo presionada la tecla "Test" durante 3 segundos.
- Se calibró el equipo utilizando los estándares blanco y negro. La placa blanca se limpió antes de la calibración.
- Una vez calibrado, se dejó destapado el puerto de prueba.
- Se colocó el puerto de prueba sobre la superficie de la galleta entera y colocándose el colorímetro sobre estas se realizó la medición sobre la superficie y se presionó el botón en la parte posterior del colorímetro (tecla "Test").
- Se obtuvieron las medidas en el espacio de color CIE $L^*a^*b^*$ y se anotó la lectura.
- Después de utilizar el colorímetro, se limpió el puerto de prueba delicadamente con un paño limpio.
- Para apagar el equipo se mantuvo presionada la tecla "Test" durante 5 segundos y se guardó el colorímetro en su estuche correspondiente.

3.4 Procesamiento de datos.

Se creó una base de datos organizada en una hoja de Excel con todas las mediciones de A_w , color (L^* , a^* , b^*), tiempo de almacenamiento y tipo de empaque

Posteriormente se calcularon los cambios que existen en la actividad de agua y el color con respecto al tiempo inicial (tiempo cero) para cada unidad experimental.

Con los valores promedios se calcularon las deltas de cada factor de color (ΔL^* , Δa^* , Δb^*) para así poder calcular delta E (ΔE^*), el cual indica la diferencia total del color de acuerdo con la ecuación detallada por Carballo-Reyes et al. (2023).

El valor de Variación de color se calculó diariamente la siguiente formula:

$$\Delta E^* = \sqrt{(L_1^* - L_2^*)^2 + (a_1^* - a_2^*)^2 + (b_1^* - b_2^*)^2}$$

La norma ISO 12347-2, indica que cualquier valor por arriba de un ΔE de 5, representa un cambio en el color, el cual puede ser detectable (Carballo-Reyes et al., 2023).

Los datos se visualizaron mediante gráficos de líneas para observar las tendencias de cambio en A_w y color a lo largo del tiempo para cada tipo de empaque.

3.5 Métodos de análisis.

Para analizar los datos obtenidos se realizaron los siguientes análisis estadísticos:

Desviación Estándar: Se utilizó para medir la dispersión o variabilidad de los datos de las repeticiones.

Análisis de Varianza (ANOVA): Se utilizó para determinar si existen diferencias significativas ($p < 0,05$) en el color, en los diferentes métodos de almacenamiento (EP1, ET9, EC5) para un mismo tiempo, y también si existen diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los diferentes tiempos para un mismo método de almacenamiento. Del mismo modo, se aplicó para la actividad de agua.

Prueba de Tukey: Esta prueba post hoc se realizó después del ANOVA. Se utilizó para hacer comparaciones múltiples entre las medias de los grupos y determinar cuáles son significativamente diferentes entre sí.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Formulación de las galletas con bagazo de zanahoria

La formulación que se utilizó en la elaboración de las galletas se indica en la Tabla 3, la adición del bagazo de zanahoria fue de un 8% para proporcionar un color agradable y al mismo tiempo darle un valor nutricional adicional a una galleta normal.

Tabla 3

Formulación de galletas con bagazo de zanahoria

Ingredientes	Cantidad (g)	%
Harina de trigo	335	44,67
Mantequilla sin sal	150	20
Azúcar blanca	100	13,33
Azúcar morena	50	6,67
Canela en polvo	2	0,27
Sal	1	0,13
Esencia de vainilla	1	0,13
Bagazo de zanahoria	60	8
1 huevo	51	6,8

La temperatura y tiempo de horneado aplicado fue de 120°C por 21 minutos. Sin embargo, en otras investigaciones como de Mexicano et al. (2023) utilizaron una temperatura de 180°C por 15 min para hornear las galletas de harina de trigo con subproducto de bagazo de zanahoria. Muñoz (2020) utilizó temperaturas de 180 °C por 10 min para el horneado de las galletas elaboradas con harina de cascara de naranja y zanahoria, sin embargo, Fabela (2023) en su investigación “Efecto de la incorporación de bagazo de zanahoria y suero de leche en las propiedades nutricionales de una galleta” utilizó una temperatura de 150°C por 45 min, explicando que por el alto porcentaje de humedad que contienen por el uso del suero de leche requiere de temperaturas bajas y tiempo prolongado de cocción.

La variación de temperatura y tiempo de cocción lo explica Maldonado (2023) quien indica que la temperatura de hornear las galletas, varía mucho en función de los ingredientes y el tipo de horno usado para cocinarlas, si las galletas tienen un alto contenido de grasa, se puede ver afectado el calor, por lo que se requiere un horneado

más rápido, sin embargo, hay otro tipo de galletas más arenosas o con demasiado líquido que podrían requerir cocciones más lentas y tiempos más prolongados.

4.2 Medición de color en las galletas

En el ANOVA realizado para la Variación de color nos dio un valor de $1,38^{-06}$ siendo un valor significativo ya que es menor al valor de significancia (valor p) de 0,05, lo cual nos permitirá realizar la prueba de TUKEY para la comparación de medias entre los tiempos y los diferentes almacenamientos del color ($L^*a^*b^*$).

En las tablas 4, 5 y 6 se presentan las medias de los resultados de la medición de L^* , a^* y b^* respectivamente, junto con sus desviaciones estándar. Además, se incluye en superíndice el análisis de Tukey realizado después de que el análisis de varianza (ANOVA) indicara que existen diferencias significativas.

Tabla 4

Resultados de Luminosidad de color en las galletas

Tiempo	EP1	ET9	EC5
0	64,60 ^{aAB} ± 2,01	64,60 ^{aA} ± 2,01	64,60 ^{aA} ± 2,01
3	64,99 ^{aAB} ± 0,88	66,23 ^{aA} ± 0,39	65,33 ^{aA} ± 1,34
4	64,03 ^{aAB} ± 1,05	66,53 ^{aA} ± 0,51	65,33 ^{aA} ± 1,34
5	65,23 ^{aAB} ± 1,72	63,89 ^{aA} ± 3,13	65,33 ^{aA} ± 1,34
6	66,02 ^{aAB} ± 0,79	65,70 ^{aA} ± 0,20	66,26 ^{aA} ± 0,90
7	63,43 ^{aA} ± 3,76	64,29 ^{aA} ± 0,46	66,26 ^{aA} ± 0,90
10	66,91 ^{aAB} ± 2,66	64,96 ^{aA} ± 0,65	65,42 ^{aA} ± 0,75
14	67,45 ^{bAB} ± 0,67	67,34 ^{bA} ± 0,06	65,29 ^{aA} ± 0,35
17	67,59 ^{bAB} ± 1,52	63,49 ^{aA} ± 2,12	64,23 ^{aA} ± 3,47
20	67,35 ^{aAB} ± 0,53	62,54 ^{aA} ± 9,44	65,63 ^{aA} ± 2,79
23	67,72 ^{bAB} ± 0,65	67,40 ^{abA} ± 1,20	65,18 ^{aA} ± 1,04
26	66,98 ^{aAB} ± 0,82	67,05 ^{aA} ± 0,56	66,90 ^{aA} ± 0,32
29	66,13 ^{aAB} ± 1,46	67,46 ^{aA} ± 0,47	67,05 ^{aA} ± 0,56
31	68,67 ^{aAB} ± 1,90	67,8 ^{aA} ± 1,00	67,64 ^{aA} ± 0,24

Nota. Letra superíndice minúscula (a y b) indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las muestras para un mismo tiempo (filas) y letras mayúsculas (A y B) indican diferencias

significativas ($p < 0,05$) entre los diferentes tiempos para una misma muestra (Columna) de acuerdo con el análisis de varianza y test de TUKEY.

En la tabla 4, se observa que estadísticamente en la Luminosidad en los tres almacenamientos existe diferencias significativas entre las muestras, en donde se evidencia que el día 14 el almacenamiento EP1(67,45) y ET9(67,34) son diferentes para EC5(65,29), además, el día 23 el almacenamiento EP1(67,72) es diferente al EC5(65,18), por lo tanto, las demás muestras y tiempos, estadísticamente no representan diferencias significativas.

Tabla 5

Resultados de a^ de color en las galletas*

Tiempo	EP1	ET9	EC5
0	7,68 ^{AA} ± 1,55	7,68 ^{AA} ± 1,55	7,68 ^{AA} ± 1,55
3	7,54 ^{AA} ± 0,47	7,40 ^{AA} ± 0,16	7,70 ^{AA} ± 1,41
4	7,56 ^{AA} ± 0,98	7,76 ^{AA} ± 0,89	7,70 ^{AA} ± 1,41
5	7,68 ^{AA} ± 0,28	7,80 ^{AA} ± 0,96	7,70 ^{AA} ± 1,41
6	7,16 ^{AA} ± 0,78	6,54 ^{AA} ± 0,40	7,25 ^{AA} ± 1,00
7	7,77 ^{AA} ± 0,34	7,73 ^{AA} ± 0,13	7,25 ^{AA} ± 1,00
10	7,38 ^{AA} ± 0,57	7,62 ^{AA} ± 0,76	6,94 ^{AA} ± 0,10
14	6,82 ^{AA} ± 0,19	7,34 ^{abA} ± 0,24	7,79 ^{ba} ± 0,59
17	7,25 ^{AA} ± 1,00	7,09 ^{AA} ± 0,29	7,44 ^{AA} ± 0,89
20	7,13 ^{AA} ± 0,60	7,24 ^{AA} ± 0,75	7,13 ^{AA} ± 0,89
23	7,94 ^{ba} ± 0,30	7,13 ^{abA} ± 0,27	6,93 ^{AA} ± 0,48
26	6,95 ^{AA} ± 0,53	6,53 ^{AA} ± 0,19	8,10 ^{ba} ± 0,21
29	6,88 ^{AA} ± 0,50	6,70 ^{AA} ± 0,15	6,53 ^{AA} ± 0,19
31	6,69 ^{AA} ± 1,03	6,61 ^{AA} ± 0,09	6,95 ^{AA} ± 0,53

Nota. Letra superíndice minúscula (a y b) indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las muestras para un mismo tiempo (fila) y letras mayúsculas (A y B) indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los diferentes tiempos para una misma muestra (columna) de acuerdo con el análisis de varianza y test de TUKEY.

Se puede observar que en la tabla 5, que estadísticamente entre tiempos no existe diferencias significativas, en cambio, estadísticamente si existen diferencias significativas

entre muestras, por lo que, en el día 14 el almacenamiento EP1(6,82) es diferente a EC5(7,79), el día 23 el almacenamiento EP1(7,94) es diferente a EC5(6,93) y el día 26 el almacenamiento EP1(6,95) y ET9(6,53) son diferentes a EC5(6,53), por lo tanto, los demás días no existen diferencias significativas.

Tabla 6

Resultados de b de color en las galletas*

Tiempo	EP1	ET9	EC5
0	47,75 ^{aAB} ± 3,96	47,75 ^{aA} ± 3,96	47,75 ^{aA} ± 3,96
3	47,44 ^{aAB} ± 1,23	46,23 ^{aA} ± 0,88	46,77 ^{aA} ± 2,65
4	47,65 ^{aAB} ± 2,23	46,55 ^{aA} ± 3,62	46,77 ^{aA} ± 2,65
5	46,78 ^{aAB} ± 0,97	45,43 ^{aA} ± 1,88	46,77 ^{aA} ± 2,65
6	48,00 ^{aAB} ± 0,41	45,55 ^{aA} ± 4,13	46,68 ^{aA} ± 2,48
7	49,45 ^{aB} ± 1,73	45,05 ^{aA} ± 0,65	46,68 ^{aA} ± 2,48
10	46,36 ^{aAB} ± 5,50	44,88 ^{aA} ± 3,21	45,94 ^{aA} ± 0,73
14	45,65 ^{aAB} ± 0,68	45,10 ^{aA} ± 2,45	45,50 ^{aA} ± 1,38
17	45,68 ^{aAB} ± 0,77	43,06 ^{aA} ± 2,14	45,37 ^{aA} ± 1,23
20	44,02 ^{aAB} ± 0,39	42,99 ^{aA} ± 3,66	45,51 ^{aA} ± 2,82
23	43,87 ^{aAB} ± 0,15	43,00 ^{aA} ± 0,73	44,92 ^{aA} ± 1,16
26	42,97 ^{aAB} ± 0,64	42,48 ^{aA} ± 3,00	45,53 ^{aA} ± 0,38
29	42,40 ^{aA} ± 2,50	41,96 ^{aA} ± 1,60	45,82 ^{aA} ± 0,67
31	43,37 ^{abA} ± 1,23	41,50 ^{aA} ± 1,82	45,30 ^{aA} ± 0,16

Nota. Se indican los valores medios ± la desviación estándar. Letra superíndice minúscula (a y b) indican diferencias significativas (p<0,05) entre las muestras para un mismo tiempo (filas) y letras mayúsculas (A y B) indican diferencias significativas (p<0,05) entre los diferentes tiempos para una misma muestra (columna) de acuerdo con el análisis de varianza y test de TUKEY.

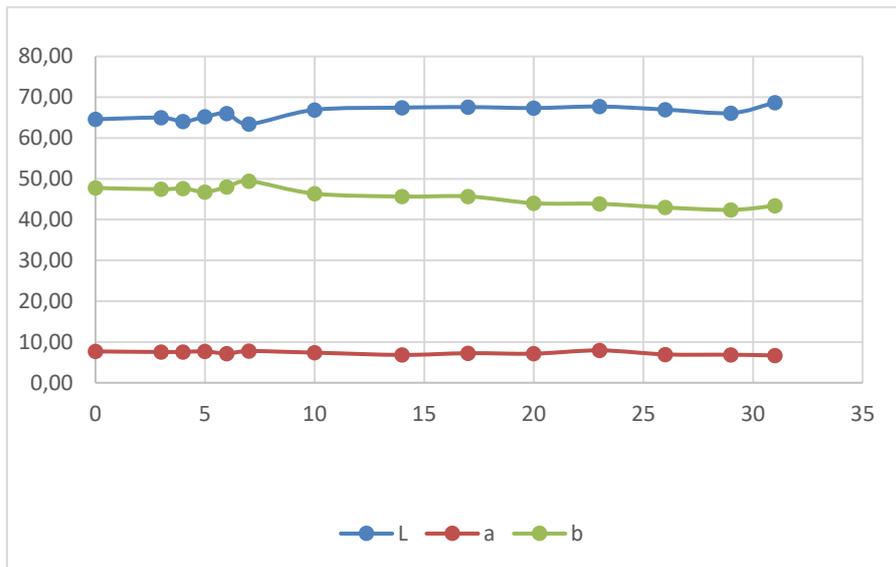
Como se observa en la tabla 6, estadísticamente no existe diferencias significativas entre muestras, sin embargo, si existen estadísticamente diferencias significativas entre tiempos, por lo que, en el almacenamiento de EP1 existen diferencias entre el día 7 y el día 29. Por lo tanto, el almacenamiento ET9 y EC5 no tienen diferencias.

Color (L a*b*) y Variación de color en las galletas del almacenamiento EP1

En la figura 3, se observa que la luminosidad se incrementa a lo largo de los 31 días, mientras que las coordenadas amarillo / azul va disminuyendo, sin embargo, las coordenadas rojo / verde se mantiene con poca variación.

Figura 3

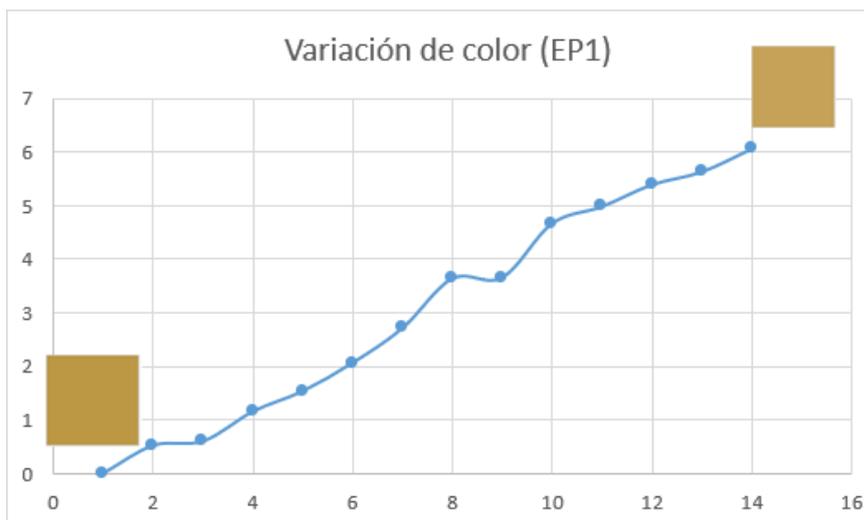
*Variación de L a*b*durante 31 días en EP1*



La variación total de color tiende a incrementa a medida que pasa el tiempo, pero, es muy poco perceptible visualmente el cambio de color como se muestra en la figura 4.

Figura 4

Variación de color de las galletas EP1

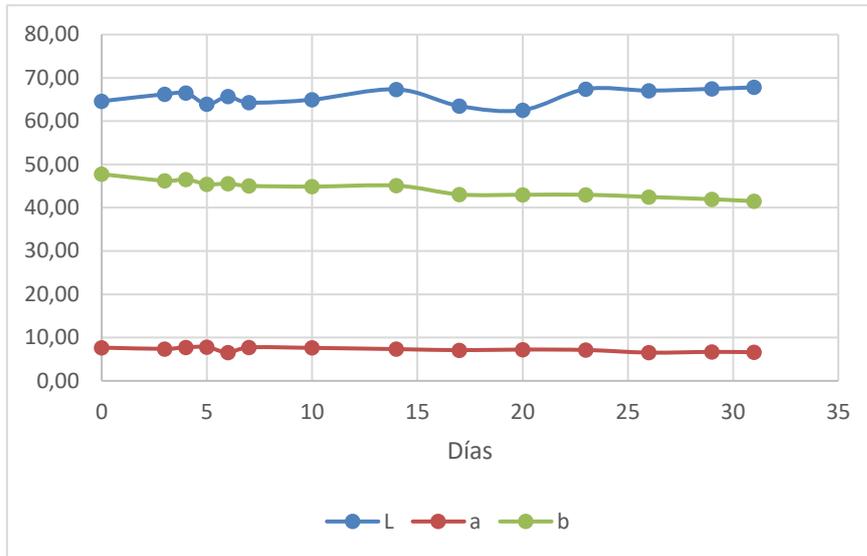


Color (L a*b*) y Variación de color en las galletas del almacenamiento ET9

Observando en la figura 5, b* se mantiene con muy poca variación, a comparación de la luminosidad que va incrementando a lo largo de los 31 días, sin embargo, a* va disminuyendo.

Figura 5

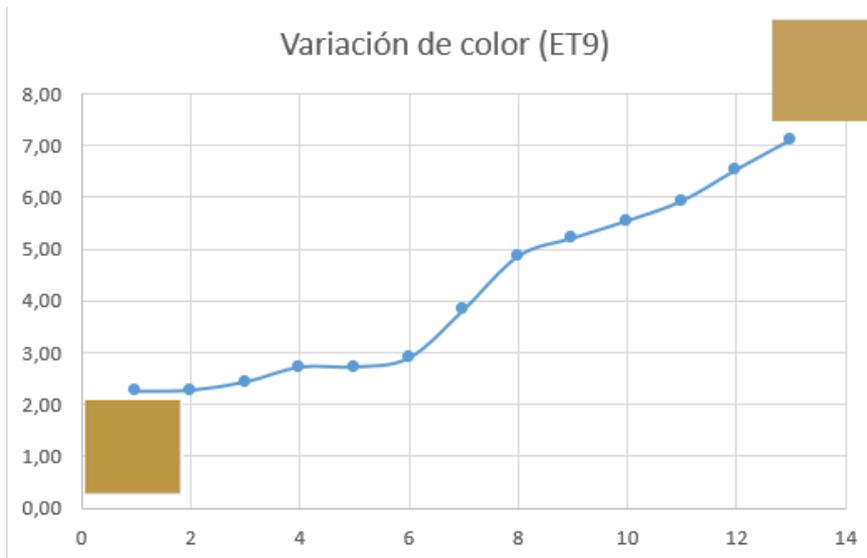
*Variación de L*a*b* durante 31 días en ET9*



En la figura 6, se mira que la variación total va incrementando a lo largo de los 31 días, pero, sigue siendo muy poco perceptible el cambio de color que sufre la galleta ET9.

Figura 6

Variación de color de las galletas ET9

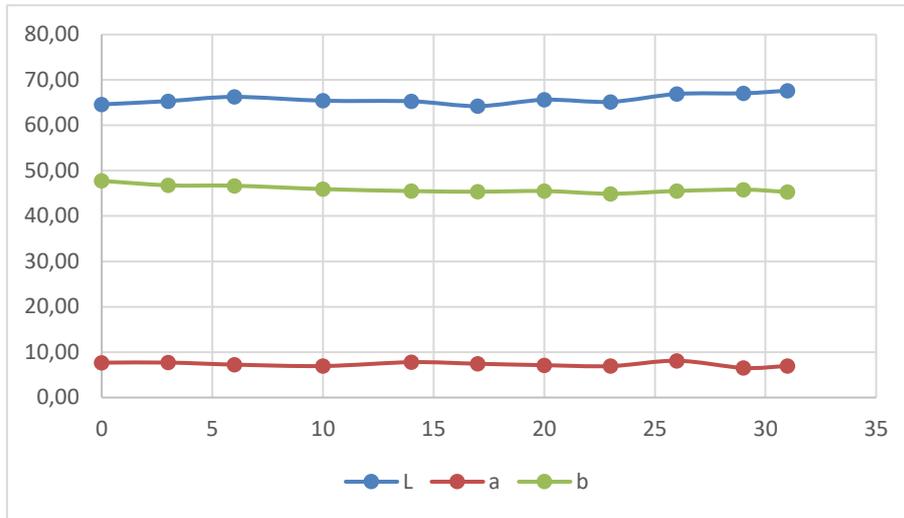


Color (L*a*b*) y Variación de color en las galletas del almacenamiento EC5

Como se puede observar en la figura 7, la variación de L*a*b* en el almacenamiento de funda cerrada se mantiene con muy poca variación a lo largo de los 31 días.

Figura 7

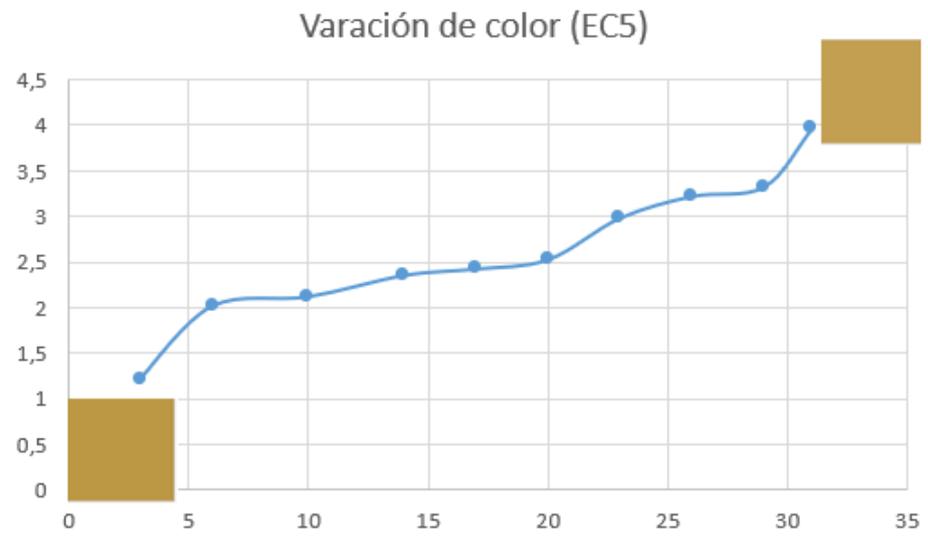
*Variación de L a*b* durante 31 días en EC5*



La variación total de color tiende a incrementa a medida que pasa el tiempo, pero, es muy poco perceptible visualmente el cambio de color como se muestra en la figura 8.

Figura 8

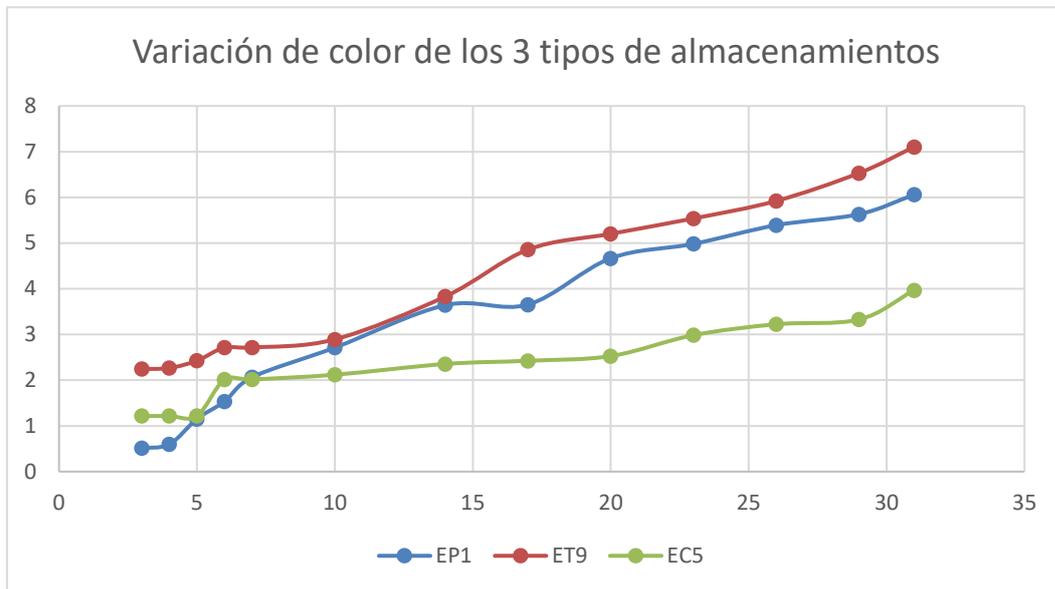
Variación de color de las galletas EC5



En forma global se puede visualizar en la figura 9, que la disminución de color es mucho más notoria en el almacenamiento de funda con pinza y el almacenamiento del topper con tapa hermética, manteniéndose un color casi constante en el almacenamiento de funda cerrada.

Figura 9

Variación de color de los 3 tipos de almacenamiento



Observamos que la diferencia total de color (ΔE) tiende a aumentar con el tiempo para todos los métodos de almacenamiento y repeticiones, indicando un cambio de color en las galletas a lo largo del tiempo.

En la investigación realizada por Talens (s.f.) menciona que, durante el horneado, pueden oscurecer el color de las galletas, lo que se refleja en una disminución de L^* y cambios en a^* y b^* hacia tonos más rojizos o amarillentos, por lo cual es necesario determinar cuál es el tiempo óptimo de horneado en las galletas.

Además, en el estudio realizado por Carballo-Reyes et al. (2023) titulado “Análisis colorimétricos de galletas utilizando el Sistema Internacional CIE Lab” menciona que el tamaño de las partículas tiene un impacto notable en el parámetro L^* . Además, menciona que, al moler las galletas, se logró una mayor uniformidad en las mediciones de color, ya que se redujo la interferencia causada por la rugosidad superficial de igual manera indica que los carotenoides, presentes en algunos ingredientes vegetales, pueden influir en los valores de a^* y b^* , aportando colores amarillos, naranjas o rojos a las galletas. Estos pigmentos son comunes en alimentos vegetales y pueden variar la tonalidad de las galletas.

4.3 Actividad de agua

En el ANOVA realizado nos dio un valor de 2.63^{-05} siendo un valor significativo ya que es menor al valor de significancia (valor p) de 0,05, lo cual nos permitirá realizar la prueba de TUKEY para la comparación de medias entre los tiempos y los diferentes almacenamientos.

En la tabla 7, se observa la A_w de los tres almacenamientos, obteniendo que estadísticamente si existe diferencias significativas entre tiempos para una misma muestra, por lo que en el almacenamiento EP1 existen diferentes en los días 0, 4, 26, 29 y 31, en el almacenamiento ET9 existen diferencias en los días 0, 4, 23, 26, 29 y 31 y en el almacenamiento EC5 los días 0,3 y 4 son diferentes a los días 26, 29 y 31.

Además, estadísticamente también se encuentran diferencias significativas de diferentes muestras para un mismo tiempo, siendo así, en el día 3 en los almacenamientos EP1 y EC5 existe diferencias con el almacenamiento EC5, en el día 23 existen diferencias entre los tres almacenamientos (EP1-ET9-EC5) y en el resto de los días los almacenamientos EP1 y ET9 existen diferencias con el almacenamiento EC5.

Tabla 7

Datos de A_w de los 3 tipos de almacenamiento

Tiempo	EP1	ET9	EC5
0	0,55 ± 0,025 ^{aA}	0,55 ± 0,025 ^{aA}	0,55 ± 0,025 ^{aA}
3	0,55 ± 0,025 ^{aA}	0,59 ± 0,012 ^{bB}	0,55 ± 0,006 ^{aA}
4	0,60 ± 0,070 ^{aB}	0,59 ± 0,025 ^{aB}	0,55 ± 0,006 ^{aA}
5	0,62 ± 0,010 ^{bBC}	0,62 ± 0,006 ^{bC}	0,56 ± 0,006 ^{aAB}
6	0,62 ± 0,015 ^{bBC}	0,62 ± 0,006 ^{bC}	0,56 ± 0,006 ^{aAB}
7	0,63 ± 0,006 ^{bBC}	0,62 ± 0,006 ^{bC}	0,56 ± 0,006 ^{aAB}
10	0,63 ± 0,006 ^{bBCD}	0,63 ± 0,006 ^{bCD}	0,56 ± 0,006 ^{aAB}
14	0,64 ± 0,006 ^{bBCD}	0,63 ± 0,006 ^{bCD}	0,56 ± 0,006 ^{aAB}
17	0,64 ± 0,015 ^{bBCD}	0,63 ± 0,012 ^{bCD}	0,56 ± 0,006 ^{aAB}
20	0,65 ± 0,010 ^{bCDE}	0,64 ± 0,006 ^{bDE}	0,56 ± 0,006 ^{aAB}
23	0,67 ± 0,000 ^{cDE}	0,66 ± 0,006 ^{bE}	0,56 ± 0,010 ^{aAB}
26	0,68 ± 0,006 ^{bE}	0,69 ± 0,010 ^{bF}	0,57 ± 0,006 ^{aB}
29	0,73 ± 0,020 ^{bF}	0,73 ± 0,015 ^{bG}	0,57 ± 0,006 ^{aB}
31	0,75 ± 0,006 ^{bF}	0,76 ± 0,006 ^{bH}	0,57 ± 0,006 ^{aB}
Media	0.64 ± 0,03	0.64 ± 0,01	0,56 ± 0,01

Nota. Se indican los valores medios ± la desviación estándar. Letra superíndice minúscula (a, b y c) indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las muestras para un mismo tiempo y letras mayúsculas (A,B,C,D,E,F,G y H) indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los diferentes tiempos para una misma muestra de acuerdo con el análisis de varianza y test de TUKEY.

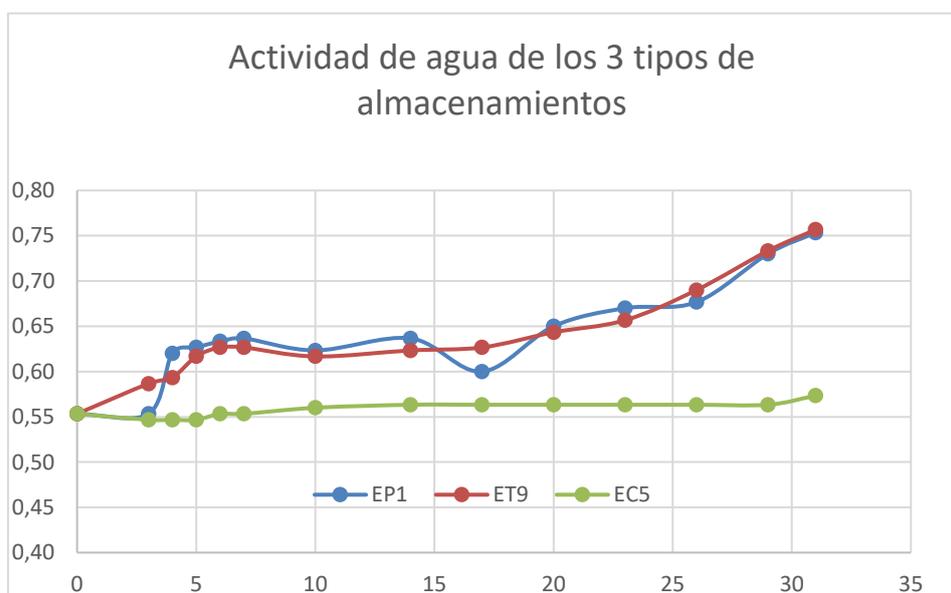
En la investigación realizada por Vásquez (2019) destacó que el empaque es fundamental para controlar la A_w , sin embargo, puede haber un ligero incremento en actividad de agua debido a que existe una migración de humedad al interior del empaque fenómeno que se intensifica con el aumento de la temperatura y el tiempo. A pesar del

aumento de humedad, la actividad de agua se mantuvo por debajo de 0.65 en el almacenamiento EC5, similar a lo obtenido por Lozano (2022) que mantuvo un nivel de actividad acuosa por debajo de 0.65, lo cual es común en este tipo de productos y es crucial para limitar la proliferación y el desarrollo de microorganismos patógenos y la germinación de esporas bacterianas.

Además, Puma et al. (2018) , señala que la temperatura juega un papel importante en la influencia de A_w , puesto que la cantidad de agua libre en los alimentos cambia con dicha temperatura. Esto recomienda que el control de la temperatura es esencial para mantener un nivel óptimo de A_w y asegurar la seguridad y calidad que requieren los alimentos.

Figura 10

Actividad de agua de los 3 tipos de almacenamiento



Como se puede observar en la figura, la actividad de agua en los almacenamientos EP1 y ET9 aumentó significativamente a medida que transcurría el tiempo. Sin embargo, en el almacenamiento EC5, no se registró un incremento de a_w durante el periodo de tiempo.

Correlaciones

En todos los casos la relación entre tiempo y variación de color presenta una correlación fuerte lo que sugiere que el cambio en el color aumenta significativamente con el tiempo. Esto podría ser debido a la degradación del producto o cambios en las condiciones de almacenamiento.

En cuanto a la relación entre variación de color y A_w es moderada indica que hay una relación entre el cambio en el color y la actividad de agua. Esto se debe a que la actividad de agua influye en la percepción del color del producto.

La relación entre tiempo y A_w es moderada, lo cual sugiere que la actividad de agua también aumenta con el tiempo, lo que podría estar relacionado con la absorción o pérdida de humedad durante el almacenamiento.

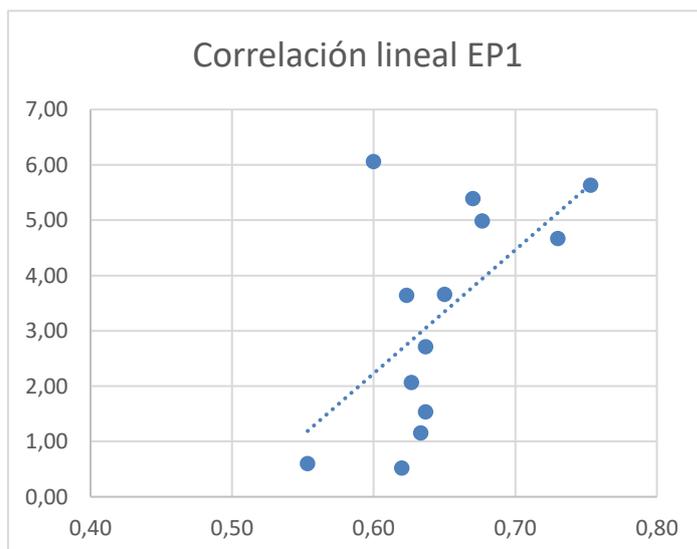
Estos análisis permiten determinar que la estabilidad del color de las galletas está influenciada tanto por el tiempo como por la actividad de agua, y que el método de almacenamiento tiene un impacto directo en estos factores.

En el estudio realizado por Hernández et al. (2018), sugiere que valores absolutos de 0,1 a 0,3 indican una correlación débil, de 0,3 a 0,5 correlación moderada, y de 0,5 a 1 correlación fuerte, en cambio, valores de -0,1 a -0,3 indican una correlación negativa débil, de -0,4 a -0,5 correlación negativa moderada, y de -0,6 a -1 correlación negativa fuerte. Además, Ortega (2019), menciona que el valor de 0 indica que no hay relación entre las variables.

Por lo tanto, como se observa en la figura 11, se obtuvo un valor de correlación de Pearson en EP1 de 0,5886637 indicando una correlación positiva moderada entre las variables, es decir, que a medida que aumenta a_w también aumenta la variación de color.

Figura 11

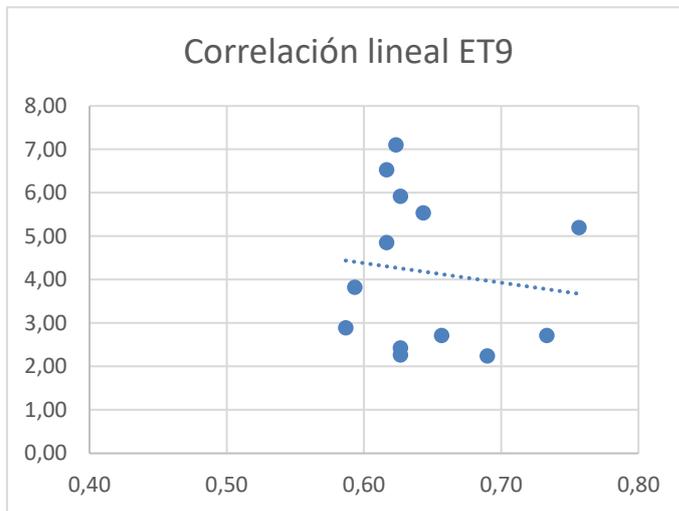
Correlación lineal EP1



En la figura 12, se observa que en ET9 se obtuvo una correlación de Pearson de -0,1314755 indicando una correlación negativa muy débil entre las variables, es decir, que no hay una relación significativa entre a_w y variación de color.

Figura 12

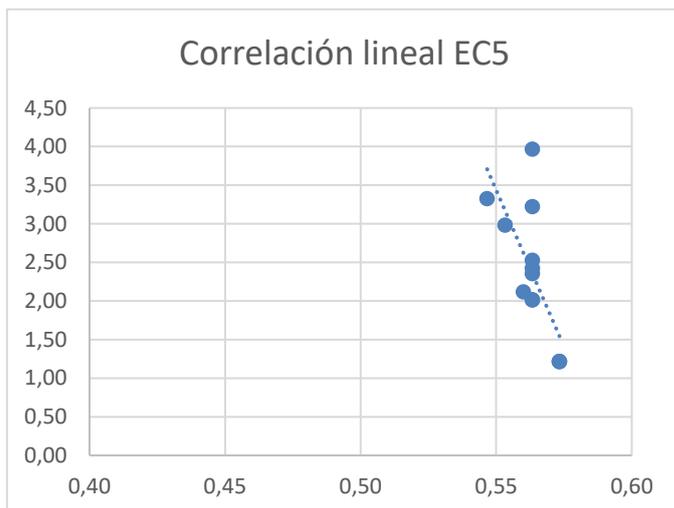
Correlación lineal ET9



Como se muestra en la figura 13, en EC5 dio una correlación de Pearson de -0.7133649 indica una fuerte relación lineal negativa entre las variables, es decir, a medida que aumenta la variación de color tiende a tener una disminución mínima aw.

Figura 13

Correlación lineal EC5



4.4 Manual de funcionamiento de los equipos de color y actividad de agua

Se ha elaborado os manuales técnicos de funcionamiento, uno del equipo de colorímetro y uno del equipo de actividad de agua. Los cuales están estructurados en secciones teóricas y prácticas. Los dos manuales contribuirán a una correcta manipulación y utilización de los equipos por parte de los estudiantes de la carrera. El manual contiene:

Fundamentos teóricos: Indica los principios de funcionamiento del colorímetro y de actividad de agua, incluyendo diagramas y explicaciones detalladas de los componentes clave.

Procedimientos operativos: Presenta instrucciones paso a paso para la calibración, configuración y uso de los equipos.

Partes del equipo: Aborda la limpieza, el manejo, las partes que contiene y para qué sirven cada una de ellas.

Además, el manual incorpora una sección dedicada a prácticas de laboratorio, con ejemplos de análisis en diferentes muestras de alimentos, detallando los procedimientos de preparación de las muestras y los resultados. Los manuales se encuentran impreso en los laboratorios de la carrera de Agroindustria.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Se logró desarrollar una formulación de galletas a base de harina de trigo con la incorporación del 8% de bagazo de zanahoria, lo cual representa un primer paso hacia el aprovechamiento de este subproducto agroindustrial. No obstante, para evaluar completamente la viabilidad de esta formulación, será necesario realizar estudios complementarios que analicen la aceptación del consumidor, la estabilidad del producto a lo largo del tiempo y su perfil nutricional en comparación con las galletas tradicionales.
- Durante el almacenamiento, se observó un leve aumento en la luminosidad (L*) en todas las muestras. A su vez, los valores del parámetro "b" tendieron a disminuir ligeramente, lo que indica una variación en las tonalidades desde amarillos hacia tonos más azulados.
- En cuanto a la actividad de agua, los resultados mostraron un incremento significativo conforme avanzaba el tiempo de almacenamiento. Además, se identificó una relación inversa entre la actividad de agua y la intensidad del color: a mayor actividad de agua, menor intensidad en el color de las muestras, lo que sugiere un posible efecto del contenido de humedad sobre la apariencia visual del producto.
- También se elaboró una guía práctica para el uso adecuado del colorímetro y del equipo de medición de actividad de agua. Este material representa un recurso útil para los laboratorios de la carrera, ya que incluye instrucciones claras y ejemplos de prácticas que permitirán estandarizar los procedimientos. Su aplicación puede mejorar tanto la calidad de los análisis como la eficiencia de los trabajos de investigación realizados en el futuro.

5.2 RECOMENDACIONES

- Al momento de realizar el amasado de todos los ingredientes, homogenizar los ingredientes, para que el bagazo de zanahoria sea homogéneo en todas las galletas
- Se recomienda que, al momento de tomar los datos, es preferible realizar las mediciones a la misma hora y bajo las mismas condiciones de luz, controlar las temperaturas y establecer un área específica para realizar las evaluaciones, para así evitar datos atípicos.
- Hacer buen uso de los equipos entregados, siguiendo las instrucciones de los manuales.

BIBLIOGRAFÍA

- Aconsa. (2020, mayo 15). *Actividad acuosa en alimentos: ¿Qué es y por qué es importante para su conservación?* aconsa. <https://aconsa-lab.com/actividad-acuosa-en-alimentos/>
- Ahumada, J. A. (2017). *Efecto de la adición de bagazo de zanahoria (Daucus carota L.) en cereales para desayuno ricos en fibra elaborados por extrusión: características químicas y capacidad antioxidante* [Universidad Autónoma de Sinaloa]. https://mcta.uas.edu.mx/pdf/repositorio/2014-2016/08_Ahumada_Aguilar_Jesus_Alberto.pdf
- Aina, T. L., Pozuelo, G., González, I., Torales, L. E., Ponce, H., González, R., García, J., & Periago, M. J. (2021). Influencia de los carotenoides sobre los marcadores de riesgo cardiometabólico en mujeres peri y posmenopáusicas. *Nutrición Hospitalaria*, 38(5), 993-1001. <https://doi.org/10.20960/NH.03624>
- Arévalo, S. T. (2017). *AGUA EN LOS ALIMENTOS* [UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONIA PERUANA]. <https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/5052>
- Barcia, X., Barcellini, L., Lebrero, A., Apestequí, J., & Pappalardo, B. (2024). Agua. En *Técnica dietética Transformaciones físico-químicas de los alimentos* (pp. 21-26). Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP). <https://doi.org/10.35537/10915/175667>
- Barrios, F. A. (2019). *Análisis de actividad de agua en alimentos* [Universidad Técnica Federico Santa María]. <https://repositorio.usm.cl/server/api/core/bitstreams/5e1d6940-1ddf-465a-992d-2aba3837d272/content>
- Calixto, J. J., Pinzón, D. L., Castillón, J., Rajaram, S., Albarrán, M., & Islas, A. R. (2021). Calidad panadera de harinas de trigo entero mediante pruebas convencionales y una prueba no convencional. *Revista de la Facultad de Agronomía*, ISSN-e 1669-9513, ISSN 0041-8676, Vol. 120, N°. 1, 2021, 120(1), 1. <https://doi.org/10.24215/16699513e063>
- Cañar, A. M. (2023). *Influencia del uso de cultivos andinos Zanahoria blanca (Arracacia xanthorrhiza) y Mashua (Tropaeolum tuberosum) en el desarrollo de galletas dulces* [Universidad Técnica de Ambato].

- <https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/477a81ba-85a2-4042-8938-bde9c0ff1380/content>
- Carballo-Reyes, L., Corro-Vázquez, M., Hernández-Martínez, I., López-Hernández, V., & Melchor-Hernández, V. (2023). Análisis colorimétricos de galletas utilizando el Sistema Internacional CIELAB. *REMCID*.
<https://remcid.utgz.edu.mx/Archivos/Vol2/Artoiculo%202.1-5.pdf>
- Cardona, F. (2019). *Actividad del agua en alimentos: concepto, medida y aplicaciones*.
<http://hdl.handle.net/10251/121948>
- Castañeda, A., Ramírez, J., & Gutiérrez, J. (2023). *Actividad de agua y distribución en alimentos*. Universidad autónoma del estado de hidalgo .
<https://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/20375/quimica-alimentos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Castro, E. I. (2022). *Determinación experimental de isothermas de sorción de humedad de la tuna blanca (Napolea coccinellifera L.)* [Universidad Técnica de Ambato].
<https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/d8b93c49-606d-43eb-9d7c-049a3b92983b/content>
- Chamorro, H. R. (2017). Efecto de la presión y temperatura en la extracción por co2 supercrítico de carotenoides de zanahoria (*Daucus carota*). *Universidad Nacional del Centro del Per+u*. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/1584>
- Chavez, A. Y. (2017). *Evaluación de galletas enriquecidas con harina de castaña (Bertholletia excelsa) mediante nuevos métodos sensoriales: CATA, mapeo de preferencia y JAR* [UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN].
<https://repositorio.upeu.edu.pe/server/api/core/bitstreams/b55cd058-2682-44a5-a0f7-fbfbec7c6324/content>
- Cosi, R. V. (2020). Evaluación de la pérdida de color en harina de lúcuma (*Pouteria Lucuma (r&p) Kuntze*) durante el almacenamiento [UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA]. En *Universidad Nacional Agraria La Molina*.
<https://repositorio.lamolina.edu.pe/server/api/core/bitstreams/f59950a0-0e4e-463f-9d1f-266e6b4ed70d/content>
- Cubillos, L. N., & Pava, L. Y. (2021). *Evaluación de la extracción de pigmentos vegetales como la antocianina a partir de diferentes frutos silvestres para uso alimenticio*. <https://hdl.handle.net/20.500.11839/8305>

- Datacolor. (2019). Técnicas de Medición en Colorimetría. En *Gestion del color* (Datacolor, Vol. 5). <https://www.datacolor.com/wp-content/uploads/2022/06/color-management-ebook-5-es.pdf>
- Fabela, D. A. (2023). *Efecto de la incorporación de bagazo de zanahoria y suero de leche en las propiedades nutricionales de una galleta* [Instituto Politécnico Nacional].
https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/32191/Efecto%20de%20la%20incorporaci%C3%B3n%20de%20bagazo%20de%20zanahoria%20y%20suero%20de%20leche%20en%20las%20propiedades%20nutricionales%20de%20una%20galleta_Deyci%20Fabela.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Félix & Norton. (2023, octubre 18). *Cómo guardar galletas en un tarro de galletas*. Félix & Norton. <https://www.felixandnorton.com/blogs/news-recipes/how-to-store-cookies-in-tin>
- Fernández, A., Rojas, E., Garcia, A., Mejia, J., & Bravo, A. (2016, marzo 2). *Evaluación fisicoquímica, sensorial y vida útil de galletas enriquecidas con subproductos proteicos de suero de quesería*. XXVI, 71-79.
<https://www.redalyc.org/journal/959/95945988003/html/>
- Gallardo, J. A. (2015). *Introducción al Color*.
http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/70950/secme-24127_1.pdf?sequence=1
- Garda, M. R. (2020). *Técnicas de manejo de los alimentos* (3.^a ed.). Eudeba.
- Hernández, J., Espinosa, F., Rodríguez, J., Chacón, J., Toloza, C., Arenas, M., Carrillo, S., & Bermúdez, V. (2018). *Sobre el uso adecuado del coeficiente de correlación de Pearson: definición, propiedades y suposiciones*. Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica, 37(5).
<https://www.redalyc.org/journal/559/55963207025/55963207025.pdf>
- Hidalgo, B. G. (2022). *Uso de colorantes alimentarios (artificiales y naturales) y su impacto en la salud: revisión de la literatura* [Universidad Nacional de Chimborazo].
<http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/9714/1/Hidalgo%20O.%20Byron%20G.%20%282022%29%20Uso%20de%20colorantes%20alimentarios%20%28artificiales%20y%20naturales%29%20y%20su%20impacto%20en%20la%20salud%20revisi%C3%B3n%20de%20la%20literatura.%20%282%29.pdf>

- Hurtado, T. (2019). *Influencia de la incorporación de fibra de caqui sobre las propiedades fisicoquímicas de galletas*. <https://riunet.upv.es/handle/10251/116622>
- Hutchings, J. B. (2018). *Food Colour and Appearance* (1.^a ed., pp. 1-29). Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-2123-5>
- Icaza-Tena, G. (2018). *La Vida Útil de los Alimentos y sus Principales Reacciones: ¿Qué pasa en los alimentos con el tiempo?* <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=IIN1DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT5&dq=vida+útil+de+los+alimentos&ots=Bcr8-KGHYA&sig=Yb3GVQX6UNQtYu1QUtPV1R7GaHI#v=onepage&q=vida+útil+de+los+alimentos&f=false>
- Konica Minolta. (2020, marzo 29). *Entendiendo El Espacio de Color CIE L*A*B*. Konica Minolta Sensing. <https://sensing.konicaminolta.us/mx/blog/entendiendo-el-espacio-de-color-cie-lab/>
- LabFerrer. (2018, junio 2). *La actividad de agua y la textura crujiente*. LABFERRER. <https://blog.actividaddeagua.com/la-actividad-agua-la-textura-crujiente/>
- Lozano, S. O. (2022). *Desarrollo de una galleta con sustitución parcial de harina de trigo por harina de quinua (Chenopodium quinoa)* [Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano]. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/2a5763b1-2cc3-4293-a334-d029ef767ab4/content>
- Luo, M. R. (2023). CIELAB. En *Encyclopedia of Color Science and Technology* (pp. 251-257). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-89862-5_11
- Manual del usuario de apariencia del colorímetro*. (2021, septiembre 6). Manuals. https://manuals.plus/es/colorimeter/appearance-manual#google_vignette
- Marcano, D. (2018). Introducción a la Química de los Colorantes. *Colección Divulgación Científica y Tecnológica. Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales, Caracas, Venezuela.* , 254. <http://saber.ucv.ve/handle/10872/19390>
- Medidor de actividad de agua para alimentos, WA-60A*. (s. f.). Amazon. Recuperado 15 de marzo de 2025, de <https://www.amazon.com/-/es/actividad-alimentos-Medidores-Probador-Vegetales/dp/B0CRKWRSPB>
- Mejía, D. I. (2020). *Valoración del pH salival antes y después del consumo de café endulzado con azúcar morena, blanca y edulcorante stevia en estudiantes de la*

- facultad de odontología*. [UDLA].
<https://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/11961/1/UDLA-EC-TOD-2020-09.pdf>
- Mendoza, L., García, H., Rodríguez, M., Martínez, J., De la Cruz, J., Cano, C., & Monroy, J. (2021). Evaluación del desarrollo y la estabilidad de una nanoemulsión de vainilla (*Vanilla planifolia*) a partir de un extracto no alcohólico. *Biotecnia*, 23(3), 22-29. <https://doi.org/10.18633/BIOTECNIA.V23I3.1409>
- Mexicano, L., Herrera, C. H., Arroyo, G., Medina, T., Cauich, J. G., & García, M. I. (2023). Efecto sobre las características organolépticas de un tipo de galleta elaborada con harina de trigo por la adición de un subproducto (bagazo) de zanahoria (*Daucus carota* L.). *Jóvenes en la Ciencia: Foro de investigación CMII 2023, Vol. 24* (2023).
<http://repositorio.ugto.mx/bitstream/20.500.12059/10286/1/10EFEC~1.PDF>
- Muñoz, M. A. (2020). *Desarrollo de una galleta a partir de la sustitución parcial de harina de trigo por las obtenidas de las cáscaras de naranja (Citrus × sinensis) y zanahoria (Daucus carota)*. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/15267>
- Ortega, C. (2019). *¿Qué es el coeficiente de correlación de Pearson?*
<https://www.questionpro.com/blog/es/coeficiente-de-correlacion-de-pearson/>
- Ortega, M. A., & Suquitana, J. P. (2023). *Evaluación de la correlación entre las imágenes multiespectrales y el contenido de carotenoides en Jungia rugosa* [Universidad de Cuenca]. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/41801>
- Otálora-Orrego, D., & Martín G., D. A. (2021). Técnicas emergentes de extracción de β -caroteno para la valorización de subproductos agroindustriales de la zanahoria (*Daucus carota* L.): una revisión. *Informador técnico*, 85(1), 83-106.
<https://doi.org/10.23850/22565035.2857>
- Paredes, A. R. (2023). *Elaboración de galletas comerciales reemplazando parcialmente con harina de las hojas de la planta moringa oleífera para mejorar el contenido nutricional*. Universidad Mayor de San Andrés .
- Pérez, M. (2024, marzo 7). *Actividad de Agua, Discusion y Resultados y Conclusion*. SCRIBD. <https://es.scribd.com/document/711257833/Actividad-de-agua-discusion-y-resultados-y-conclusion>
- Pino et al., (2022) *Colorantes y antioxidantes naturales en la industria de alimentos: tecnologías de extracción y materia primas dedicadas*.

- Puma, G. G., Liñan, J. F., Coavoy, I., Coronado, J., Salas, W. F., & Vargas, L. F. (2018). Vida en anaquel de galletas saladas utilizando pruebas aceleradas. *Anales Científicos*, 79(1), 218. <https://doi.org/10.21704/ac.v79i1.1166>
- Salas, D. P., & Tovalino, S. J. (2018). *Obtención de antocianinas de papa nativa "Yawar Wayku" (Solanum Stenotomum) para la elaboración de un colorante natural aplicable a alimentos*. <https://repositorio.usil.edu.pe/entities/publication/91f35a4a-9ab5-4632-bd54-35412f8d57d1>
- Schober, P., & Vetter, T. R. (2018). Repeated measures designs and analysis of longitudinal data: If at first you do not succeed-try, try again. *Anesthesia and Analgesia*, 127(2), 569-575. <https://doi.org/10.1213/ANE.00000000000003511>
- Suárez, M., Rosero, J., Morillo, Y., Haro, G., & Ichau, M. (2019). Eficiencia de encapsulación de carotenoides extraídos de *Capsicum annuum* en nanopartículas de Zeina. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, 7(1), 47-52. <https://doi.org/10.29166/REVFIGURAVIII.1017>
- Talens, P. (s. f.). Evaluación del color y tolerancia de color en alimentos a través del espacio CIELAB. *Upv.es*. Recuperado 12 de noviembre de 2024, de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/83392/Talens%20-%20Evaluaci%20del%20color%20y%20tolerancia%20de%20color%20en%20alimentos%20a%20trav%20del%20espacio%20CIELAB.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Tapia, M. S. (2020). *Contribución al concepto de actividad del agua (aw) y su aplicación en la ciencia y tecnología de alimentos en Latinoamérica y Venezuela*. *LXXX*(2), 18-40. <https://acfiman.org/wp-content/uploads/2022/07/LXXX.N2.P18-40.2020.pdf>
- Tobilla, M. (2024, noviembre 16). *Polipropileno: Características y cuándo utilizarlo*. KLUMEX. <https://klumex.com/blog/polipropileno/>
- Ulloa, J., Cifuentes, J. S., Figueroa, A. V., Van, E., & Tafur, S. (2021). Importancia y beneficios del consumo de huevo de gallina enriquecido con selenio: revisión narrativa. *Revista de Nutrición Clínica y Metabolismo (RNCM)*, ISSN-e 2619-3906, Vol. 4, N°. 3, 2021 (Ejemplar dedicado a: *Journal of Clinical Nutrition and Metabolism: July-September*), 4(3), 6. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9549756>

- Valdés, M. P., Delgado, J., Londoño-Hernández, S. L., & Rodríguez, R. (2023). Sistema de medición del color como parámetro de calidad en la industria de alimentos. *Temas agrarios, ISSN-e 0122-7610, Vol. 28, N°. 1, 2023 (Ejemplar dedicado a: Continuous publication - Volume 28(1) of 2023), págs. 69-81, 28(1), 69-81.* <https://doi.org/10.21897/rta.v28i1.3200>
- Vásquez, L. (2019). *Determinación de la vida útil sensorial de galletas tipo soda y oblea rellena, por medio de condiciones aceleradas* [UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA]. <https://repositorio.uvg.edu.gt/bitstream/handle/123456789/3442/Reporte%20Final%20Tesis%20Corr.%20Texto%202.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vega, G. (2022, febrero 16). *Medición de color en alimentos para una mejor calidad, consistencia y apariencia.* THE FOOD TECH. <https://thefoodtech.com/tecnologia-de-los-alimentos/medicion-de-color-en-alimentos-para-una-mejor-calidad-consistencia-y-apariencia/>

ANEXO 1. Evidencias fotográficas

Equipo de A_w modelo WA-60A



Equipo de color modelo WR-10Q



Galletas en sus diferentes empaques de almacenamiento



ANEXO 2. Datos recolectados

Tabla 8

Datos de color en las galletas EP1

Tiempo	L	a	b	Delta E
0	64,60 ± 2,01 ^{aAB}	7,68 ± 1,55 ^{aA}	47,75 ± 3,96 ^{aAB}	
3	64,99 ± 0,88 ^{aAB}	7,54 ± 0,47 ^{aA}	47,44 ± 1,23 ^{aAB}	0,518
4	64,03 ± 1,05 ^{aAB}	7,56 ± 0,98 ^{aA}	47,65 ± 2,23 ^{aAB}	0,598
5	65,23 ± 1,72 ^{aAB}	7,68 ± 0,28 ^{aA}	46,78 ± 0,97 ^{aAB}	1,154
6	66,02 ± 0,79 ^{aAB}	7,16 ± 0,78 ^{aA}	48,00 ± 0,41 ^{aAB}	1,534
7	63,43 ± 3,76 ^{aA}	7,77 ± 0,34 ^{aA}	49,45 ± 1,73 ^{aB}	2,065
10	66,91 ± 2,66 ^{aAB}	7,38 ± 0,57 ^{aA}	46,36 ± 5,50 ^{aAB}	2,713
14	67,45 ± 0,67 ^{bAB}	6,82 ± 0,19 ^{aA}	45,65 ± 0,68 ^{aAB}	3,641
17	67,59 ± 1,52 ^{aAB}	7,25 ± 1,00 ^{aA}	45,68 ± 0,77 ^{aAB}	3,655
20	67,35 ± 0,53 ^{aAB}	7,13 ± 0,60 ^{aA}	44,02 ± 0,39 ^{aAB}	4,667
23	67,72 ± 0,65 ^{bAB}	7,94 ± 0,30 ^{bA}	43,87 ± 0,15 ^{aAB}	4,983
26	66,98 ± 0,82 ^{aAB}	6,95 ± 0,53 ^{aA}	42,97 ± 0,64 ^{aAB}	5,391
29	66,13 ± 1,46 ^{aAB}	6,88 ± 0,50 ^{aA}	42,40 ± 2,50 ^{aA}	5,631
31	68,67 ± 1,90 ^{aAB}	6,69 ± 1,03 ^{aA}	43,37 ± 1,23 ^{abAB}	6,058

Tabla 9

Datos de color en las galletas ET9

Tiempo	L	a	b	Delta E
0	64,60 ± 2,01 ^{aA}	7,68 ± 1,55 ^{aA}	47,75 ± 3,96 ^{aA}	
3	66,23 ± 0,39 ^{aA}	7,40 ± 0,16 ^{aA}	46,23 ± 0,88 ^{aA}	2,25
4	66,53 ± 0,51 ^{aA}	7,76 ± 0,89 ^{aA}	46,55 ± 3,62 ^{aA}	2,27
5	63,89 ± 3,13 ^{aA}	7,80 ± 0,96 ^{aA}	45,43 ± 1,88 ^{aA}	2,43
6	65,70 ± 0,20 ^{aA}	6,54 ± 0,40 ^{aA}	45,55 ± 4,13 ^{aA}	2,72
7	64,29 ± 0,46 ^{aA}	7,73 ± 0,13 ^{aA}	45,05 ± 0,65 ^{aA}	2,72
10	64,96 ± 0,65 ^{aA}	7,62 ± 0,76 ^{aA}	44,88 ± 3,21 ^{aA}	2,89
14	67,34 ± 0,06 ^{bA}	7,34 ± 0,24 ^{abA}	45,10 ± 2,45 ^{aA}	3,83
17	63,49 ± 2,12 ^{aA}	7,09 ± 0,29 ^{aA}	43,06 ± 2,14 ^{aA}	4,86

Tiempo	L	a	b	Delta E
20	62,54 ± 9,44 ^{aA}	7,24 ± 0,75 ^{aA}	42,99 ± 3,66 ^{aA}	5,20
23	67,40 ± 1,20 ^{abA}	7,13 ± 0,27 ^{abA}	43,00 ± 0,73 ^{aA}	5,54
26	67,05 ± 0,56 ^{aA}	6,53 ± 0,19 ^{aA}	42,48 ± 3,00 ^{aA}	5,92
29	67,46 ± 0,47 ^{aA}	6,70 ± 0,15 ^{aA}	41,96 ± 1,60 ^{aA}	6,53
31	67,81 ± 1,00 ^{aA}	6,61 ± 0,09 ^{aA}	41,50 ± 1,82 ^{aA}	7,10

Tabla 10

Datos de color en las galletas EC5

Tiempo	L	a	b	Delta E
0	64,60 ± 2,01 ^{aA}	7,68 ± 1,55 ^{aA}	47,75 ± 3,96 ^{aA}	
3	65,33 ± 1,34 ^{aA}	7,70 ± 1,41 ^{aA}	46,77 ± 2,65 ^{aA}	1,22
4	65,33 ± 1,34 ^{aA}	7,70 ± 1,41 ^{aA}	46,77 ± 2,65 ^{aA}	1,22
5	65,33 ± 1,34 ^{aA}	7,70 ± 1,41 ^{aA}	46,77 ± 2,65 ^{aA}	1,22
6	66,26 ± 0,90 ^{aA}	7,25 ± 1,00 ^{aA}	46,68 ± 2,48 ^{aA}	2,02
7	66,26 ± 0,90 ^{aA}	7,25 ± 1,00 ^{aA}	46,68 ± 2,48 ^{aA}	2,02
10	65,42 ± 0,75 ^{aA}	6,94 ± 0,10 ^{aA}	45,94 ± 0,73 ^{aA}	2,12
14	65,29 ± 0,35 ^{aA}	7,79 ± 0,59 ^{bA}	45,50 ± 1,38 ^{aA}	2,35
17	64,23 ± 3,47 ^{aA}	7,44 ± 0,89 ^{aA}	45,37 ± 1,23 ^{aA}	2,42
20	65,63 ± 2,79 ^{aA}	7,13 ± 0,89 ^{aA}	45,51 ± 2,82 ^{aA}	2,53
23	65,18 ± 1,04 ^{aA}	6,93 ± 0,48 ^{aA}	44,92 ± 1,16 ^{aA}	2,98
26	66,90 ± 0,32 ^{aA}	8,10 ± 0,21 ^{bA}	45,53 ± 0,38 ^{aA}	3,22
29	67,05 ± 0,56 ^{aA}	6,53 ± 0,19 ^{aA}	45,82 ± 0,67 ^{aA}	3,33
31	67,64 ± 0,24 ^{aA}	6,95 ± 0,53 ^{aA}	45,30 ± 0,16 ^{aA}	3,97

Figura 14

Supuesto Normalidad de la variación de color

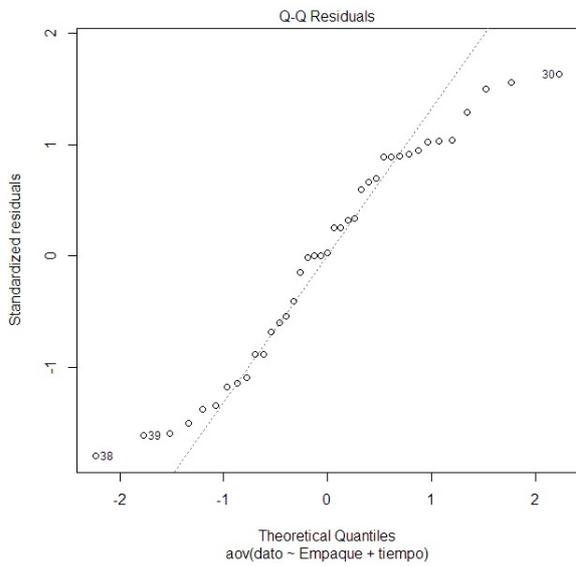


Figura 15

Supuesto Varianza constante de la variación de color

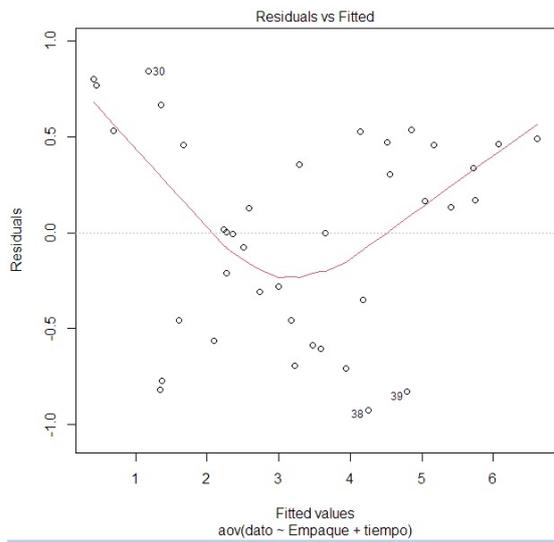


Figura 16

Supuesto Independencia de la variación de color

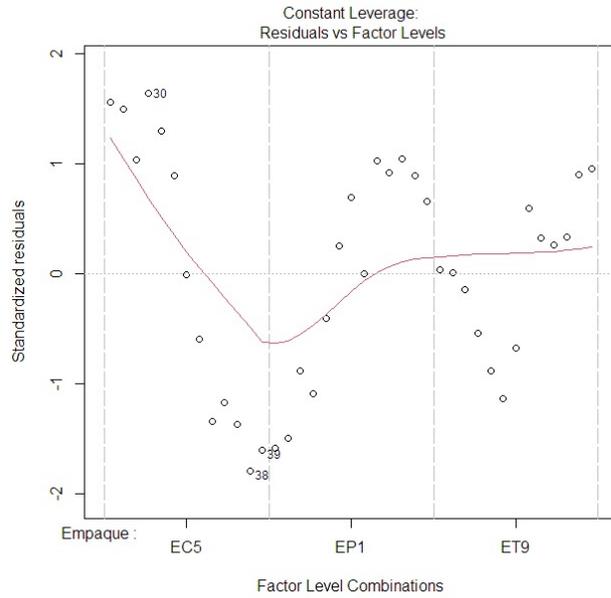


Figura 17

Supuesto Normalidad de A_w

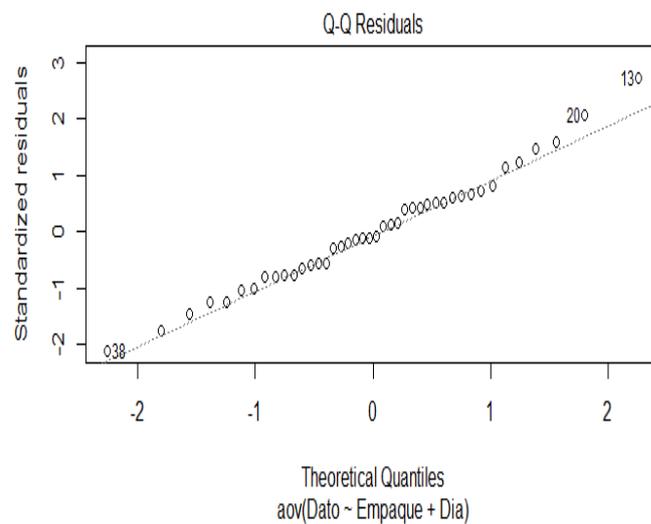


Figura 18

Supuesto Varianza constante de Aw

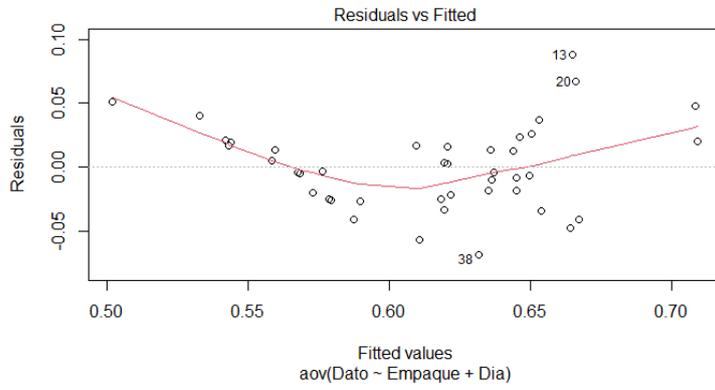
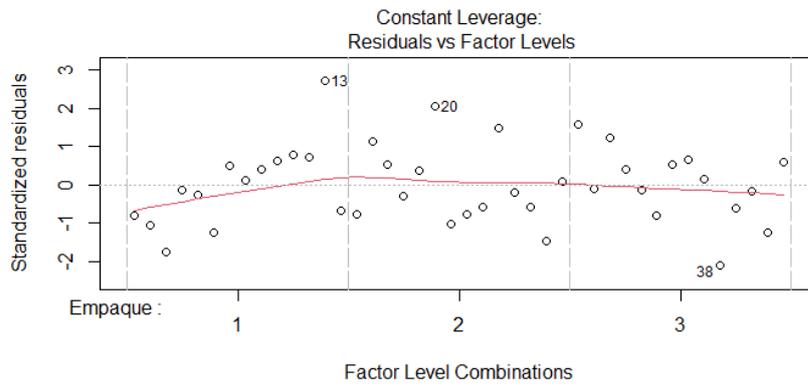


Figura 19

Supuesto Independencia de Aw



ANEXO 3. Manuales



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERÍA
AGROINDUSTRIA

2025

MANUAL

EQUIPO COLORÍMETRO

MARIA TOTOY

KEVYN GUAMAN

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	Manual de utilización Equipo Colorímetro	Código:	AGEq-001
		Versión:	1
		Aprobado:	02/2025
		Página:	1 de 17

Tabla de contenido

1.	OBJETIVO	2
2.	ALCANCE	2
3.	BASES TEORICAS	2
3.1.	Color	2
3.2.	Colorímetro.....	2
3.3.	Sistemas de color de CIE.....	2
3.4.	CIE L*a*b*	3
3.5.	Medición del Color	4
3.6.	Colorímetros	5
4.	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO	5
4.1.	Aplicaciones y características.....	5
4.2.	Parámetros técnicos que contiene el equipo	5
4.3.	Componentes del equipo	6
4.4.	Anatomía del equipo.....	7
4.5.	Panel del equipo	8
4.6.	Calibración	8
4.7.	Medidas del equipo.....	9
5.	PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN DEL EQUIPO.....	9
6.	DIAGRAMA	11
7.	MEDICIÓN CUANTITATIVA DE COLOR APLICADA EN ALIMENTOS...12	
8.	APLICACIONES PRACTICAS DEL EQUIPO	12
8.1.	Galletas	12
8.2.	Embutidos-Chorizo.....	13
8.3.	Lácteos-Queso	15
8.4.	Harina-Harina morada	16

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	Manual de utilización Equipo Colorímetro	Código:	AGEq-001
		Versión:	1
		Aprobado:	02/2025
		Página:	2 de 17

1. **OBJETIVO**

- Indicar a los estudiantes de la carrera de Ingeniería Agroindustrial el correcto manejo y manipulación del equipo de colorimetría, para que sea utilizado de manera autónoma y eficiente.
- Evaluar y describir el color de un alimento a través del espacio CIELAB.
- Determinar diferencias de color, en el espacio CIELAB, entre un producto y un estándar y evaluar tolerancias de color

2. **ALCANCE**

El manual está dirigido para prácticas en el laboratorio de agroindustria, además, como herramienta de apoyo para el uso en tesis. Determinará color en muestras líquidas, muestras sólidas.

3. **BASES TEORICAS**

3.1. **Color**

Elemento fundamental en la industria alimentaria. Influye directamente en la percepción que tienen los consumidores sobre un producto, desde su calidad hasta su sabor. La colorimetría, una ciencia que estudia la medición del color, descompone la luz en sus tres colores primarios (rojo, verde; amarillo y azul) para cuantificar y analizar los matices de los alimentos.

3.2. **Colorímetro**

El colorímetro es un colorímetro profesional diseñado y producido sujeto a los estándares relevantes de la Comisión Internacional de Iluminación (CIE) y stands nacionales. Al estar con componentes clave importados completamente nuevos, el instrumento está bien diseñado y presenta precisión, estabilidad, facilidad de manejo, fácil de aprender y rentable.

3.3. **Sistemas de color de CIE**

La CIE, o Commission Internationale de l'Eclairage (Comisión internacional de iluminación) una organización sin fines de lucro, es el organismo responsable de las recomendaciones internacionales para la fotometría y la colorimetría.

En 1931, la CIE estandarizó los sistemas de clasificación del color especificando la CIE ha desarrollado los sistemas más importantes y más utilizados en la actualidad para

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	Manual de utilización Equipo Colorímetro	Código:	AGEq-001
		Versión:	1
		Aprobado:	02/2025
		Página:	3 de 17

la descripción y medición del color, independientemente de la industria o caso de uso los cuales se basan en la utilización de fuentes de iluminación y observadores estándares.

Los sistemas CIE usan tres coordenadas para ubicar un color en un espacio de color. Estos espacios de color incluyen (1) CIE XYZ, (2) CIE $L^*a^*b^*$ y (3) CIE $L^*C^*h^\circ$.

3.4. CIE $L^*a^*b^*$

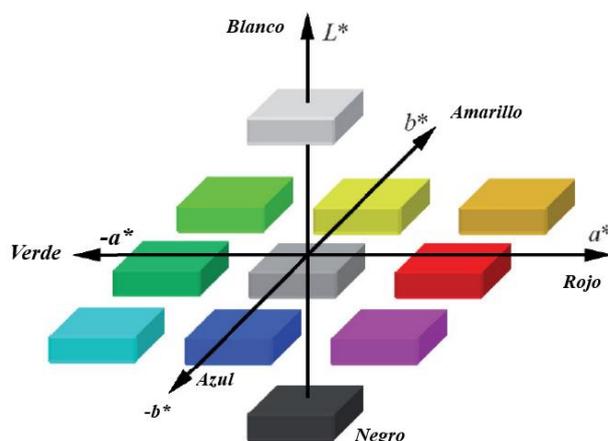
El espacio de color CIELAB, también referido como espacio CIE $L^*a^*b^*$, está adaptado como norma UNE y es actualmente uno de los espacios de color más populares y uniformes usados para evaluar el color en el área de alimentos. Es un espacio de color ampliamente usado porque correlaciona los valores 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.

La tolerancia de color, se define como la máxima diferencia de color admitida de los productos de fabricación en relación a un estándar que el consumidor considera ideal.

El espacio de color CIELAB (figura 1), es un sistema cartesiano formado por 3 ejes, un eje vertical (L^*) y dos ejes horizontales (a^* y b^*). 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.

Figura 1

Espacio CIELAB



 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	Manual de utilización Equipo Colorímetro	Código:	AGEq-001
		Versión:	1
		Aprobado:	02/2025
		Página:	4 de 17

El conjunto a^*, b^* recibe el nombre de Cromaticidad y junto con la Claridad definen el color de un estímulo.

3.5. Medición del Color

La colorimetría estudia la medición del color y los métodos utilizados para cuantificarlo. Para la medición del color se necesitan métodos asociados a los espacios de color, que lo cuantifiquen de manera exacta.

La metodología se basa en la determinación del color de una superficie con una cuantificación instrumental expresada numéricamente, representando el color en el espacio cromático CIE $L^*a^*b^*$ donde cualquier color de la gama visible se define mediante tres coordenadas. Los instrumentos que normalmente se utilizan para la medición del color son los colorímetros triestímulo o espectrofotómetros de reflectancia.

La zona de la superficie del material que se somete a ensayo debe ser representativa del color del material y cuando se trate de materiales no homogéneos el número de puntos de medición debe adaptarse de manera que se obtengan valores estadísticamente representativos.

Para realizar la medición se considera adecuado un número de cinco muestras, realizando un mínimo de cinco mediciones en cada muestra obteniendo un valor medio fiable. Los puntos de medición se eligen de forma aleatoria.

Considere, que un factor importante para cuantificar el color de un objeto es la luz que incide en él ya que, dependiendo del tipo de la intensidad y del tipo de luz el color que se percibe, puede variar. Los colores parecen diferentes si se observan bajo luz artificial o bajo luz natural y también dependiendo de la hora del día. Cada iluminación tiene los diferentes colores del espectro, pero en distinta proporción. La fluorescente tiene más azul y la incandescente más rojo y amarillo.

Al final del ensayo se tiene que realizar un informe que donde incluya la siguiente información: finalidad de las mediciones, descripción de las muestras, documentación fotográfica, número de mediciones, características técnicas de los instrumentos de medición, resultados de ΔL^*21 , Δa^*21 , Δb^*21 , diferencia de color $\Delta E21$, diferencia de color $\Delta E21$, valores X, Y, Z, condiciones ambientales (T^a , hora y RH) y conclusiones.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	Manual de utilización Equipo Colorímetro	Código:	AGEq-001
		Versión:	1
		Aprobado:	02/2025
		Página:	5 de 17

3.6. Colorímetros



Son dispositivos triestimulares (tres filtros: rojo, verde y azul) para cada longitud de onda que se basan en la visión del ojo humano, emulando la respuesta del ojo al color y a la luz. Tienen diferentes iluminantes para la toma de mediciones y según la lámpara que proyecta la luz sobre el objeto, se percibe el color con desviaciones cromáticas que pueden ser importantes.

Los colorímetros incluyen un software que, generalmente, cuantifica el color en base al espacio de color CIELab. Actualmente en el mercado, existen gran variedad de marcas con estos equipos, existiendo muchos colorímetros específicos para determinados materiales. Marcas conocidas son Konica Minolta, Hunter Lab, Gardner, Color Eye, Color Master y Momcolor.

4. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

4.1. Aplicaciones y características

Este colorímetro está diseñado para una amplia gama de aplicaciones, como control de calidad de color, control de diferencia de color, análisis de diferencias de color y pruebas de muestreo para diversas industrias, lo que lo convierte en una herramienta versátil para la medición del color.

El colorímetro de mano se puede aplicar en numerosas industrias, incluyendo textil, impresión y teñido, ropa, calzado, cuero, productos químicos, plásticos, películas, pigmentos, pinturas, tintas, metal, fotografía, juguetes, alimentos, medicinas y más, proporcionando una solución conveniente para la medición del color.

El monitor del medidor de color es de rendimiento ultra estable y precisión de visualización de hasta 0.01, con precisión de repetibilidad E desviación estándar solo menos de 0.08, lo que lo convierte en una herramienta precisa para la medición del color. Además, este instrumento de bajo consumo de energía utiliza una batería de litio de alta capacidad.

4.2. Parámetros técnicos que contiene el equipo

- Calibre de medición: 4mm
- Repetibilidad: $\Delta E^*_{ab} \leq 0.07$

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	Manual de utilización Equipo Colorímetro	Código:	AGEq-001
		Versión:	1
		Aprobado:	02/2025
		Página:	6 de 17

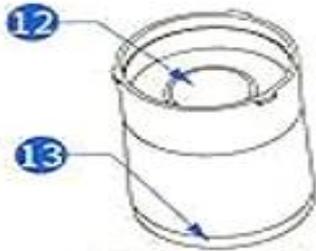
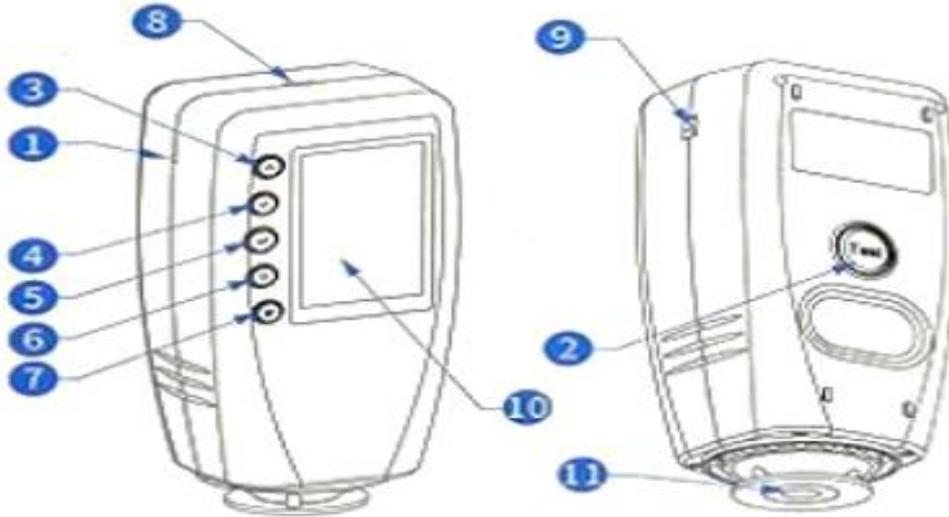
- Espacio de color: CIE-Lab
- Fórmula de diferencia de color: ΔE^*_{ab}
- Velocidad de medición: 1.0s
- Pantalla: pantalla LCD a todo color de 2,8 pulgadas
- Peso del producto: 9.88 oz

4.3. Componentes del equipo

- Cuerpo del instrumento
- Cilindro de calibración blanco y negro
- Cable de datos
- Cargador de entrada Tipo C
- Manual de instrucciones
- Tarjeta de garantía
- Cordón

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	Manual de utilización Equipo Colorímetro	Código:	AGEq-001
		Versión:	1
		Aprobado:	02/2025
		Página:	7 de 17

4.4. Anatomía del equipo



1. Lámpara piloto
2. Tecla de prueba
3. Arriba
4. Abajo
5. Enter/selección
6. Atrás
7. Menú/inicio
8. Entrada del cargador
9. Orificio par cordón
10. Pantalla
11. Puerto de prueba
12. Plato blanco
13. Cavidad negra

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	Manual de utilización Equipo Colorímetro	Código:	AGEq-001
		Versión:	1
		Aprobado:	02/2025
		Página:	8 de 17

4.5. Panel del equipo



4.6. Calibración



Al momento de encender el colorímetro realizar la calibración;

Calibración del blanco: coloque la placa blanca en el puerto de prueba y apriétela firmemente.

Calibración del negro: coloque la cavidad negra en el puerto de prueba y apriétela firmemente.

Advertencia: preste atención a mantener el blanco, para ello limpie la placa blanca antes de realizar la calibración para que no arroje datos erróneos.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	Manual de utilización Equipo Colorímetro	Código:	AGEq-001
		Versión:	1
		Aprobado:	02/2025
		Página:	9 de 17

4.7. Medidas del equipo



El equipo el espacio de color CIE LAB contiene tres tipos de medidas, L*, a* y b*;

L*= luminosidad

a*= Coordenadas rojo / verde (+a indica rojo, -a indica verde)

b*= Coordenadas amarillo / azul (+b indica amarillo, -b indica azul)

La diferencia de color es definida como la comparación numérica de una muestra con el estándar. Indica las diferencias en coordenadas absolutas de color y se la conoce como Delta (Δ): ΔL^* , Δa^* y Δb^* . pueden ser positivas (+) o negativas (-). La diferencia total, Delta E (ΔE^*), sin embargo, siempre es positiva. Éstas son expresadas como:

ΔL^* = diferencia en luz y oscuridad (+ = más luminoso, - = más oscuro)

Δa^* = diferencia en rojo y verde (+ = más rojo, - = más verde)

Δb^* = diferencia en amarillo y azul (+ = más amarillo, - = más azul)

ΔE^* = diferencia total de color

$$\Delta E^* = \sqrt{(L_1^* - L_2^*)^2 + (a_1^* - a_2^*)^2 + (b_1^* - b_2^*)^2}$$

5. PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN DEL EQUIPO

1. Sacar el colorímetro del estuche.
2. Encender: mantener presionado por 3 segundos la Tecla Test.
3. Calibrar el equipo, calibrar el blanco (limpiar la placa blanca antes de calibrar) y calibrar el negro.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	Manual de utilización Equipo Colorímetro	Código:	AGEq-001
		Versión:	1
		Aprobado:	02/2025
		Página:	10 de 17

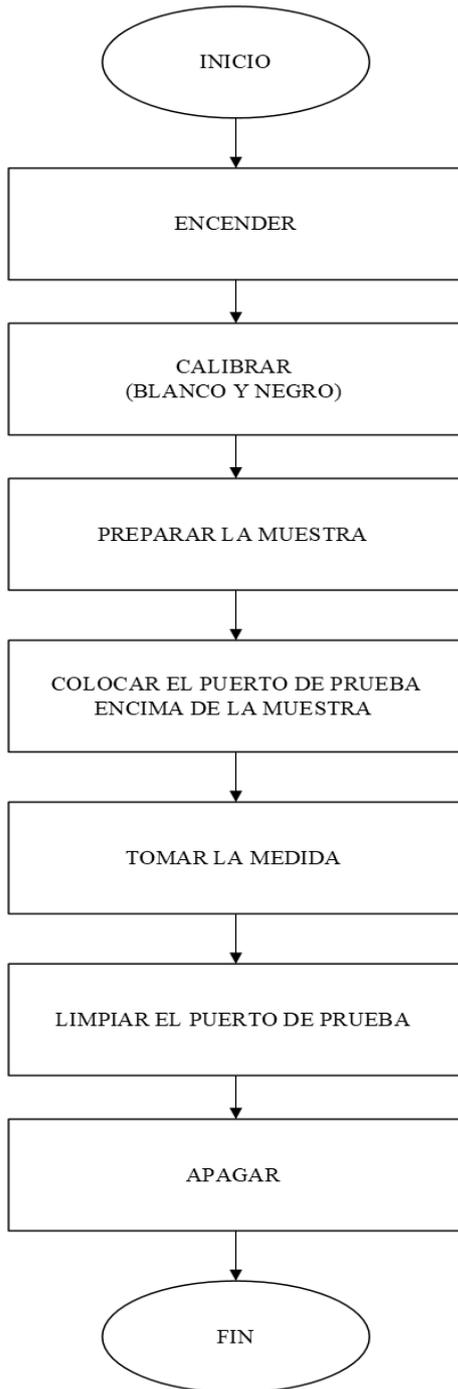
4. Una vez calibrado dejar destapado el puerto de Prueba.
5. Colocar el puerto de Prueba sobre la superficie del alimento que se va a realizar la medición y oprimir el botón de la parte de atrás del colorímetro (Tecla test)
6. Las medidas se darán en espacio de color CIE LAB
7. Anotar la lectura del colorímetro
8. Oprimir el botón (≡) en caso de querer guardar datos de la lectura.
9. Si desea hacer la comparación numérica de las muestras, presionar (←) Sample y oprimir nuevamente el botón de la parte de atrás del colorímetro (Tecla Test).
10. Luego de utilizar el colorímetro limpiar el puerto de Prueba con un paño limpio de manera delicada.
11. Apagar: mantener presionado por 5 segundos la Tecla Test.
12. Guarde el colorímetro en el estuche correspondiente.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	Manual de utilización Equipo Colorímetro	Código:	AGEq-001
		Versión:	1
		Aprobado:	02/2025
		Página:	11 de 17

6. DIAGRAMA

Figura 14.

Diagrama de proceso de utilización del colorímetro



 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	Manual de utilización Equipo Colorímetro	Código:	AGEq-001
		Versión:	1
		Aprobado:	02/2025
		Página:	12 de 17

7. **MEDICIÓN CUANTITATIVA DE COLOR APLICADA EN ALIMENTOS**

La aplicación del color en la industria de los alimentos es amplia en el control de calidad y seguridad alimentaria. Algunos ejemplos de estas aplicaciones en la industria son:

1. La determinación del color de la carne de las aves de corral durante el procesamiento para determinar si es corte claro u oscuro, el cual tiene incidencia directa con la retención de agua.
2. El estudio del color en las hojas del cultivo de maíz para caracterizar los niveles de estrés debido a las deficiencias de agua y nitrógeno en hojas
3. El control de calidad en alimento en cuanto a forma, color y distribución de ingredientes, mediante análisis de imágenes por computador.
4. La determinación del color y la blancura del azúcar como parámetro de calidad.
5. La evaluación del proceso de secado en cuanto al color de los productos deshidratados, tales como manzana, plátano, patata o zanahoria
6. La medición del color por la imagen digital de la superficie de los alimentos
7. La visión digital con imágenes de radar de los alimentos para obtener las
8. propiedades físicas
9. La detección de defectos en la superficie por análisis de imagen en frutas
10. La distribución y tamaños de las burbujas en la cerveza a través de visión digital.
11. La clasificación de la textura del musculo de la carne bovina a través de imágenes
12. El colorímetro de tomate
13. Los atributos visuales de calidad de los camarones por visión digital
14. La cinética de cambios en la textura y el color de espárragos verdes durante los tratamientos térmicos

8. **APLICACIONES PRACTICAS DEL EQUIPO**

Se recomienda realizar por triplicado las mediciones de los productos.

8.1. **Galletas**

Pueden ser analizadas enteras o trituradas. Para las muestras trituradas, estas se muelen utilizando un mortero con pistilo hasta obtener partículas pequeñas y homogéneas, para así colocarlas en el soporte sobre el vidrio lo más compacto posible, evitando con esto la interferencia por el paso de luz.

El colorímetro se colocó sobre la muestra, esperando así que realizara las mediciones y arrojara los resultados de L^* , a^* , b^* en la pantalla. Para la muestra entera, se colocaron las muestras sobre el soporte de plástico oscuro, en el cual se colocaban tres muestras enteras y colocándose el colorímetro sobre estas se realizó la medición sobre la

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	Manual de utilización Equipo Colorímetro	Código:	AGEq-001
		Versión:	1
		Aprobado:	02/2025
		Página:	13 de 17

superficie. Cada muestra debe ser realizado por triplicado considerando valores de $p \leq 0.05$ como estadísticamente significativo.

Con los valores promedios se calculan las deltas de cada factor, para así poder calcular delta E, la cual indica la diferencia total del color de acuerdo con la ecuación.

1. Encender el equipo.
2. Calibrar el equipo (blanco y negro).
3. Colocar el puerto de Prueba sobre la galleta y oprimir el botón de la parte de atrás del colorímetro.
4. Anotar la lectura del colorímetro.
5. Limpiar el puerto de Prueba con un paño limpio de manera delicada.
6. Apagar el equipo.

Datos:

L= 65,08	a*= 8,51	b*=43,85
L= 62,40	a*= 8,64	b*=51,76
L= 66,33	a*= 5,90	b*=47,64

Sacamos la media

L= 64,60	a*= 7,68	b*=47,75
----------	----------	----------

Color:



8.2. Embutidos-Chorizo

Es crucial que los productos cárnicos se manipulen a una temperatura moderada ya que temperaturas que sean demasiado altas o demasiado bajas pueden alterar la percepción visual del color en el embutido. Esto se debe a que las temperaturas altas

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	Manual de utilización Equipo Colorímetro	Código:	AGEq-001
		Versión:	1
		Aprobado:	02/2025
		Página:	14 de 17

pueden causar modificaciones en la textura o en la superficie del embutido. Por lo tanto, si el embutido está congelado o frío, es esencial permitir que tome temperatura ambiente.

Posteriormente, se procede a cortar la muestra, es necesario llevar a cabo un corte transversal utilizando un cuchillo que esté bien afilado y limpio, garantizando que la superficie sea uniforme y libre de irregularidades. Es fundamental evitar áreas con exceso de grasa, burbujas de aire o cualquier imperfección que pueda afectar los resultados.

Una vez que se ha realizado el corte de la muestra, se pueden realizar de dos maneras la medición. Realizar una medición directa en la superficie del corte o preparar una pasta homogénea. Para embutidos que presentan texturas heterogéneas, es recomendable triturar la muestra con un mortero hasta lograr una pasta uniforme. La pasta obtenida debe ser extendida sobre una superficie plana para crear una capa uniforme, asegurándose de que toda el área destinada a la medición esté completamente cubierta.

Cuando se realiza la medición directamente en el embutido, se debe de asegurar que la superficie esté limpia y seca, libre de cualquier residuo externo y sin un brillo excesivo que pueda ser causado por líquidos en la superficie, como los jugos naturales del producto. Si es necesario, se puede utilizar papel absorbente para secar suavemente.

1. Encender el equipo.
2. Calibrar el equipo (blanco y negro).
3. Colocar el puerto de Prueba sobre el chorizo y oprimir el botón de la parte de atrás del colorímetro.
4. Anotar la lectura del colorímetro.
5. Limpiar el puerto de Prueba con un paño limpio de manera delicada.
6. Apagar el equipo.

Datos:

L= 51,55 a*= 25,96 b*=39,25

L= 51,08 a*= 25,19 b*=45,16

L= 50,97 a*= 25,72 b*=43,67

Sacamos la media

L= 51,20 a*= 25,62 b*=42,69

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	Manual de utilización Equipo Colorímetro	Código:	AGEq-001
		Versión:	1
		Aprobado:	02/2025
		Página:	15 de 17

Color:



8.3. Lácteos-Queso

Para prevenir cambios no deseados en el color de los productos lácteos, se sugiere mantenerlos dentro de un rango de temperatura ambiente. Esta medida es particularmente importante en productos como la leche y el yogur, queso fresco, donde la temperatura afecta directamente sus características visuales y de textura.

Una vez que el producto alcanza la temperatura correcta, se procede a cortar o extraer la muestra. En el caso de líquidos como la leche o la nata, es esencial utilizar un recipiente adecuado para medir el color, se recomienda emplear una cubeta de vidrio óptico, ya que este tipo de cubeta permite realizar mediciones precisas al minimizar la influencia de la luz del entorno. Para llevar a cabo esta medición, se debe llenar la cubeta hasta un nivel justo por encima del anillo interno, garantizando una capa uniforme.

Para quesos ya sean frescos, maduros o semi maduros, se inicia con el corte de la muestra utilizando un cuchillo limpio y afilado para realizar cortes transversales en el queso. Es fundamental que estos cortes sean precisos y que se evite irregularidades, como burbujas o grietas, ya que podrían influir en los resultados. Además, es crucial que la superficie del queso esté limpia y seca, sin residuos líquidos naturales del producto, se puede utilizar un papel absorbente para secar el exceso de líquido.

1. Encender el equipo.
2. Calibrar el equipo (blanco y negro).
3. Colocar el puerto de Prueba sobre el queso y oprimir el botón de la parte de atrás del colorímetro.
4. Anotar la lectura del colorímetro.
5. Limpiar el puerto de Prueba con un paño limpio de manera delicada.
6. Apagar el equipo.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	Manual de utilización Equipo Colorímetro	Código:	AGEq-001
		Versión:	1
		Aprobado:	02/2025
		Página:	16 de 17

Datos:

L= 90,71 a*=- 0,21 b*=13,64

L= 91,31 a*=- 0,16 b*=13,64

L= 91,67 a*=- 0,12 b*=13,57

Sacamos la media

L= 91,23 a*=- 0,16 b*=13,61

Color:



8.4. Harina-Harina morada

Se debe de homogenizar la muestra. Esto se puede lograr mediante el uso de un tamiz o colador, lo que garantiza la eliminación de grumos y proporciona una textura uniforme a la harina.

Luego de la homogeneización, la harina se en un recipiente, se recomienda en una cubeta de vidrio o placa de Petri de manera que se logre extender de manera uniforme. La cantidad de harina debe ser la justa para cubrir el fondo del recipiente de manera uniforme, eliminando cualquier espacio vacío que pueda afectar la precisión de las lecturas. Es crucial que la superficie quede plana y nivelada para garantizar un contacto óptimo con el instrumento de medición.

1. Encender el equipo.
2. Calibrar el equipo (blanco y negro).
3. Colocar el puerto de Prueba sobre la harina y oprimir el botón de la parte de atrás del colorímetro.
4. Anotar la lectura del colorímetro.
5. Limpiar el puerto de Prueba con un paño limpio de manera delicada.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	Manual de utilización Equipo Colorímetro	Código:	AGEq-001
		Versión:	1
		Aprobado:	02/2025
		Página:	17 de 17

6. Apagar el equipo por 5 segundos la Tecla Test.

Datos:

L= 64,36 a*= 3,65 b*=3,13

L= 60,54 a*= 4,12 b*=2,79

L= 64,07 a*= 4,01 b*=3,64

Sacamos la media

L= 62,99 a*= 3,92 b*=3,18

Color:





UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERÍA
AGROINDUSTRIA

2025

MANUAL

EQUIPO ACTIVIDAD DE

AGUA

KEVYN GUAMAN
MARIA TOTOY

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	Manual de utilización Equipo Actividad de agua	Código:	AGEq-001
		Versión:	1
		Aprobado:	02/2025
		Página:	1 de 13

Tabla de contenido

1.	OBJETIVO	2
2.	ALCANCE	2
3.	BASES TEORICAS	2
3.1	Actividad de agua	2
3.2	Medidor de actividad de agua.....	2
3.3	Sensor	2
3.4	Resolución	2
3.5	Calibración	2
4.	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO Y APLICACIONES.....	3
4.1	Aplicaciones y características.....	3
4.2	Parámetros técnicos que contiene el equipo	3
4.3	Condiciones de funcionamiento	3
4.4	Descripción del panel frontal.....	4
5.	PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN DEL EQUIPO.....	5
5.1	Corrección de lectura (Calibración)	5
5.2	Sustitución de Batería.....	6
6.	DIAGRAMA	6
7.	MEDICION CUANTITATIVA DE COLOR APLICADA EN ALIMENTOS.....	7
8.	APLICACIONES PRACTICAS DEL EQUIPO.....	8
8.1	Galletas	8
8.2	Embutidos-Chorizo.....	10
8.3	Lácteos-Queso	11
8.4	Harina-Harina morada	12

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	Manual de utilización Equipo Actividad de agua	Código:	AGEq-001
		Versión:	1
		Aprobado:	02/2025
		Página:	2 de 13

1. OBJETIVO

- Indicar a los estudiantes de la carrera de Ingeniería Agroindustrial el correcto manejo y manipulación del equipo de actividad de agua, marca RaeSung modelo WA-60A para que sea utilizado de manera autónoma y eficiente.

2. ALCANCE

El manual está dirigido para prácticas en el laboratorio de agroindustria, además, como herramienta de apoyo para el uso en tesis. Determinará la actividad de agua en muestras sólidas.

3. BASES TEORICAS

3.1 Actividad de agua

La actividad del agua está directamente relacionada con la cantidad de agua disponible en un alimento, es decir, el agua que no está unida a los solutos. Este parámetro es crucial para determinar la vida útil del alimento, ya que indica la cantidad de agua accesible para el crecimiento de microorganismos y la actividad enzimática durante su conservación. La medición de la actividad del agua es fundamental tanto en la industria como en los laboratorios, ya que es un factor clave para decidir el método y el tiempo óptimos de conservación para cada tipo de alimento.

3.2 Medidor de actividad de agua

Es un dispositivo utilizado para medir la cantidad de agua libre presente en un alimento, así como la probabilidad de crecimiento microbiano. Este parámetro resulta fundamental en la industria alimentaria, ya que permite asegurar la calidad de los productos y determinar su vida útil.

3.3 Sensor

Un sensor es un dispositivo diseñado para detectar cambios o variaciones en su entorno, como temperatura, presión, luz, movimiento, entre otros parámetros, y responder generando una señal de salida que puede ser utilizada por otro sistema

3.4 Resolución

La resolución es la capacidad de un sistema, dispositivo o instrumento para diferenciar valores muy cercanos o captar detalles con precisión.

3.5 Calibración

La calibración es el proceso de ajustar, verificar o corregir un instrumento de medición para asegurarse de que ofrezca resultados precisos y confiables dentro de un rango determinado.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	Manual de utilización Equipo Actividad de agua	Código:	AGEq-001
		Versión:	1
		Aprobado:	02/2025
		Página:	3 de 13

4. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO Y APLICACIONES

4.1 Aplicaciones y características

La actividad del agua está directamente relacionada con la cantidad de agua disponible en un alimento, es decir, el agua que no está unida a los solutos. Este parámetro es crucial para determinar la vida útil del alimento, ya que indica la cantidad de agua accesible para el crecimiento de microorganismos y la actividad enzimática durante su conservación.

La medición de la actividad del agua es fundamental tanto en la industria como en los laboratorios, ya que es un factor clave para decidir el método y el tiempo óptimos de conservación para cada tipo de alimento.

El WA-60A se utiliza ampliamente en la industria alimentaria para productos como pan, galletas, pasteles, alimentos inflados, deshidratados, frutas secas, y otros productos similares. Además, se emplea en la inspección de calidad en sectores como la agricultura, farmacéuticos, aditivos alimentarios y mermeladas.

En términos de características, este dispositivo es extremadamente ligero, pesando solo 100 gramos, lo que lo hace fácil de usar en cualquier ubicación. Está equipado con una pantalla LCD retroiluminada de 6 bits que muestra tanto la humedad como la temperatura, cada una con 3 bits. Puede medir la actividad del agua en un rango de 0 a 1.0 A_w , con una precisión de $\pm 0.02 A_w$ y una resolución de $\pm 0.01 A_w$. Utiliza un sensor de humedad no conductor y requiere aproximadamente 5 minutos para realizar una medición.

4.2 Parámetros técnicos que contiene el equipo

- Pantalla digital LCD retroiluminada de 6 bits
- Humedad A_w de 3 bits,
- Visualización de temperatura de 3 bits
- Rango: 0~1.0 A_w
- Resolución: 0,01 A_w
- Precisión: $\pm 0,03A_w$
- Sensor: Sensor de humedad no conductor Tiempo de muestreo: Máx. 10 minutos (Registre el valor de respuesta del medidor de actividad de agua cada 5 minutos, cuando la diferencia entre los dos valores de respuesta adyacentes es pequeña). A 0,01 A_w , es el valor medido.

4.3 Condiciones de funcionamiento

- Temperatura: 0~50° C (32~122° F)
- Humedad: <95%RH
- Fuente de alimentación: 2 pilas AAA Um-4 de 1,5 V

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	Manual de utilización Equipo Actividad de agua	Código:	AGEq-001
		Versión:	1
		Aprobado:	02/2025
		Página:	4 de 13

- Tamaño: 148x65x65mm
- Peso: 235 g (sin incluir pilas)
- Accesorios estándar
- Unidad principal
- Placa de muestra
- Estuche de transporte
- Manual de operación

4.4 Descripción del panel frontal



- 3-1 Pantalla
- 3-2 Valor de la actividad del agua
- 3-3 Valor de temperatura
- 3-4 Interfaz del cable de datos
- 3-5 Tapa de la batería en la parte posterior
- 3-6 Tecla de encendido
- 3-7 Sensor

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	Manual de utilización Equipo Actividad de agua	Código:	AGEq-001
		Versión:	1
		Aprobado:	02/2025
		Página:	5 de 13

5. PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN DEL EQUIPO



- Presione la tecla de encendido para encender el medidor y este ingresará al modo automático que puede probar automáticamente la actividad del agua.
- Coloque las muestras en la placa de muestra y luego cubra el sensor del medidor sobre la placa de muestra. Déjelo reposar durante unos 5 minutos. Cuando la lectura se estabilice, podrá obtener la actividad del agua.
- Después de la prueba, mantenga presionada la tecla de encendido durante aproximadamente 3 segundos para apagar el medidor. Limpie la placa de muestra para el próximo uso.

5.1 Corrección de lectura (Calibración)

Cuando sea necesario corregir el valor de lectura, mantenga presionada la tecla de encendido durante aproximadamente 7 segundos. Luego suelte la tecla cuando aparezca la señal "Cor" en la pantalla. Habrá un número decimal con dos lugares, que es el valor de corrección.

A continuación, abra la tapa de la batería en la parte posterior. Hay dos orificios pequeños debajo de la ranura de la batería. Use una barra dura pequeña (como un destornillador) para tocar ligeramente la tecla en el interior; el valor de corrección aumentará o disminuirá. El valor aumenta al tocar el orificio derecho, mientras que el valor disminuye al tocar el orificio izquierdo. Cada vez que se toca la tecla, el valor de corrección cambia en 0,01. El valor de corrección se puede configurar de -0,05 a 0,05.

Después del ajuste, presione la tecla de encendido para salir.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	Manual de utilización Equipo Actividad de agua	Código:	AGEq-001
		Versión:	1
		Aprobado:	02/2025
		Página:	6 de 13

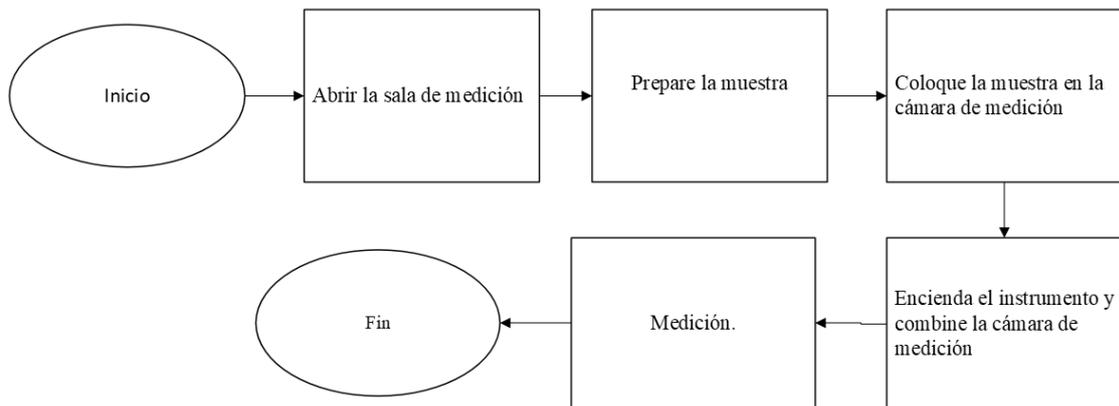
5.2 Sustitución de Batería

- Cuando sea necesario reemplazar la batería, el símbolo de batería aparecerá en la pantalla.
- Deslice la cubierta de la batería lejos del instrumento y retire las baterías.
- Instalar las pilas (2x1.5vAAA UM-4) correctamente en la caja.
- Si el medidor no se va a utilizar durante un tiempo prolongado, retire las baterías.

6. DIAGRAMA

Figura 15

Diagrama de proceso de utilización del equipo de la actividad de agua



 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	Manual de utilización Equipo Actividad de agua	Código:	AGEq-001
		Versión:	1
		Aprobado:	02/2025
		Página:	7 de 13

7. MEDICION CUANTITATIVA DE COLOR APLICADA EN ALIMENTOS



La actividad del agua (A_w , también conocida como actividad del agua, actividad del agua) refleja principalmente la cantidad de agua libre en el estado de equilibrio alimentario, la estabilidad de la reacción alimentaria y la posibilidad de reproducción microbiana, y puede causar cambios en la calidad de los alimentos.

Los cambios químicos, enzimáticos y físicos a menudo se utilizan para medir la capacidad de un microorganismo para soportar la sequedad.

Al medir la actividad del agua del alimento, elige un método de embalaje y almacenamiento razonable.

Puede reducir el uso de conservantes y determinar la vida útil de los alimentos, granos, frutas y verduras.

Agua de la actividad son ampliamente utilizados en pan, galletas y pasteles.

Alimentos inflados, aperitivos, alimentos deshidratados, mermelada de frutas secas (ensalada, tomate).

Pruebas de actividad en industrias como aditivos de alimentos, satisfacen rápidamente los productos horneados y condimentos.

El WA-60A se puede utilizar para medir la actividad del agua de los alimentos:

- Carne frita
- Frutos secos
- Pan
- Embutido
- Masa

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	Manual de utilización Equipo Actividad de agua	Código:	AGEq-001
		Versión:	1
		Aprobado:	02/2025
		Página:	8 de 13

- Galletas

En la siguiente tabla se puede ver crecimiento microbiano en diferentes intervalos de A_w

Intervalo de a_w	Microorganismos	Alimentos
0,95-1,00	<i>Pseudomonas, Escherichia, Proteus, Shigella, Klebsiella, Bacillus, Clostridium perfringens</i> , algunas levaduras.	Alimentos frescos, fruta enlatada, vegetales, carne, pescado, leche
0,91-0,95	<i>Salmonella, Serratia, Lactobacillus, Pediococcus, Vibrio Parahemolyticus Clostridium botulinum, Bacillus cereus, Pseudomonas aeruginosa, Staphylococcus aureus</i> , algunos hongos y levaduras (<i>Rhodotorula, Pichia</i>).	Quesos frescos, carnes curadas
0,87-0,91	Mayoría de levaduras: <i>Torulopsis, Candida, Hansenula. Micrococcus</i> .	Fiambres, bizcochos, quesos curados, margarinas
0,80-0,87	Mayoría de los hongos <i>Penicilium. Staphylococcus aureus</i> . Levaduras: <i>Saccharomyces, Debaryomices</i> .	Zumos de fruta concentrados, leche condensada, siropes
0,75-0,80	Bacterias halófilas. Mayoría de los hongos <i>Aspergillus</i> .	Confituras y mermeladas
0,65-0,75	Hongos xerófilos. <i>Saccharomyces bisporus</i> .	Gelatinas, melazas, azúcar de caña no procesado, algunas frutas desecadas, nueces
0,60-0,65	Levaduras osmófilas: <i>Saccharomyces rouxii</i> . Algunos hongos: <i>Aspergillus echiulatus, Monascus bisporus</i>	Frutas desecadas (15-20% de humedad), caramelos, miel

8. APLICACIONES PRACTICAS DEL EQUIPO

10.1 Galletas

Para manipular la galleta, es necesario usar guantes de laboratorio limpios, para prevenir la contaminación y el intercambio de humedad. Se sugiere picar o moler las galletas, es crucial hacerlo de manera uniforme y rápida para evitar variaciones de A_w en la muestra. Se puede ayudar de un mortero, asegurándose de que esté completamente seco y libre de humedad.

Después de triturar la galleta, colocar de manera inmediata en la cápsula transparente (se encuentra en el equipo) hasta cubrir aproximadamente la mitad de la misma. Es crucial tapar enseguida la cápsula para prevenir la entrada de humedad y se debe esperar unos minutos para que la muestra se estabilice antes de realizar la medición.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	Manual de utilización Equipo Actividad de agua	Código:	AGEq-001
		Versión:	1
		Aprobado:	02/2025
		Página:	9 de 13

Mantener la muestra cerca del equipo de medición para minimizar las variaciones en los resultados.

Procedimiento:

- Prepare la muestra de galleta.
- Colocar la muestra en la cápsula transparente y tapar.
- Esperar 3 min hasta que se estabilice la muestra de galleta.
- Encender el equipo.
- Destapar el puerto del sensor.
- Colocar la cápsula en el sensor y esperar 5 min.
- Medir A_w en la muestra de galleta.
- Anotar la lectura obtenida.
- Limpiar la cápsula para próximos usos.
- Apagar el equipo.



Resultados

Se pudo determinar la actividad de agua en la galleta de su respectivo empaque y medida una vez abierta la cual nos dio como resultado 0,55 A_w .

Discusión

El dato obtenido es de 0,55 indicándonos que la A_w es aceptable para el producto por lo cual no causara modificaciones en sus características organolépticas mientras tenga un correcto almacenamiento.

Datos

Producto	Medición 1	medición 2	Medición 3	Promedio
Galleta	0,58	0,55	0,53	0,55

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	Manual de utilización Equipo Actividad de agua	Código:	AGEq-001
		Versión:	1
		Aprobado:	02/2025
		Página:	10 de 13

10.2 Embutidos-Chorizo

Se utilizan guantes limpios y utensilios desinfectados para manipular el alimento. Además, se realiza la preparación en un área libre de corrientes de aire y polvo.

Para preparar el embutido, es necesario que se encuentre a temperatura ambiente, posteriormente, cortarlo o picarlo en trozos pequeños. Sin embargo, es importante evitar el calentamiento excesivo durante este proceso, ya que puede afectar la actividad de agua. Por lo tanto, se sugiere evitar el uso de procesadores de alimentos que generen mucho calor. Si se necesita reducir el tamaño de las partículas, una buena opción es cortar el embutido manualmente en trozos pequeños utilizando un cuchillo limpio.

Después de cortar la muestra, es crucial reducir su exposición al ambiente. Para prevenir la pérdida o absorción de humedad, se sugiere cubrir las cápsulas de medición de inmediato después de colocar la muestra dentro, esperar unos minutos (alrededor de 5 minutos) antes de medir para que la muestra se estabilice.

Si las muestras necesitan ser almacenadas durante un tiempo antes de la medición (más de una hora), deben ser protegidas cuidadosamente con parafilm o guardadas en recipientes herméticos para evitar cambios en la actividad del agua.

Al llenar las cápsulas de medición, es suficiente llenarlas hasta la mitad. Es importante asegurar que la muestra cubra completamente la base de la cápsula para garantizar una buena medición.

Procedimiento:

- Preparación de la muestra.
- Colocar la muestra en la cápsula transparente y tapar.
- Esperar 5 min hasta que se estabilice la muestra de chorizo.
- Encender el equipo.
- Destapar el puerto del sensor.
- Colocar la cápsula en el sensor y esperar 5 min.
- Medir A_w en la muestra de chorizo.
- Anotar la lectura obtenida.
- Limpiar la cápsula para próximos usos.
- Apagar el equipo.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	Manual de utilización Equipo Actividad de agua	Código:	AGEq-001
		Versión:	1
		Aprobado:	02/2025
		Página:	11 de 13



Datos:

Producto	Medición 1	medición 2	Medición 3	Promedio
Chorizo	0,87	0,86	0,87	0,86

10.3 Lácteos-Queso

Se utilizan guantes limpios y utensilios desinfectados para manipular el alimento. Además, se realiza la preparación en un área libre de corrientes de aire y polvo.

Para preparar el producto lácteo sólido, es necesario que se encuentre a temperatura ambiente, posteriormente, cortarlo o picarlo en trozos pequeños. Sin embargo, es importante evitar el calentamiento excesivo durante este proceso, ya que puede afectar la actividad de agua.

Por lo tanto, se sugiere evitar el uso de procesadores de alimentos que generen mucho calor. Si se necesita reducir el tamaño de las partículas, una buena opción es cortar el embutido manualmente en trozos pequeños utilizando un cuchillo limpio.

Después de cortar la muestra, es crucial reducir su exposición al ambiente. Para prevenir la pérdida o absorción de humedad, se sugiere cubrir las cápsulas de medición de inmediato después de colocar la muestra dentro, esperar unos minutos (alrededor de 5 minutos) antes de medir para que la muestra se estabilice.

Si las muestras necesitan ser almacenadas durante un tiempo antes de la medición (más de una hora), deben ser protegidas cuidadosamente con parafilm o guardadas en recipientes herméticos para evitar cambios en la actividad del agua.

Al llenar las cápsulas de medición, es suficiente llenarlas hasta la mitad. Es importante asegurar que la muestra cubra completamente la base de la cápsula para garantizar una buena medición.

Procedimiento

- Prepare la muestra de galleta.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	Manual de utilización Equipo Actividad de agua	Código:	AGEq-001
		Versión:	1
		Aprobado:	02/2025
		Página:	12 de 13

- Colocar la muestra en la cápsula transparente y tapar.
- Esperar 5 min hasta que se establezca la muestra de queso.
- Encender el equipo.
- Destapar el puerto del sensor.
- Colocar la cápsula en el sensor y esperar 5 min.
- Medir A_w en la muestra de queso.
- Anotar la lectura obtenida.
- Limpiar la cápsula para próximos usos.



Datos:

Producto	Medición 1	medición 2	Medición 3	Promedio
Queso	0,82	0,83	0,84	0,83

10.4 Harina-Harina morada

Se utilizan guantes limpios y utensilios desinfectados para manipular el alimento. Además, se realiza la preparación en un área libre de corrientes de aire y polvo.

Antes de comenzar cualquier preparación, es esencial que la harina esté a temperatura ambiente. Esto previene la formación de condensación de humedad en su superficie, lo que podría influir en la medición del color.

Tomar una muestra representativa de la harina. Esto se logra tomando porciones de distintos puntos del lote con un muestreador o una espátula limpia. Luego, estas porciones se combinan y mezclan minuciosamente para garantizar que la muestra sea homogénea.

Una vez obtenida la muestra, se procede a tamizar la harina. Esto es necesario para eliminar cualquier grumo o partícula extraña que pueda alterar la lectura del A_w . Se utiliza un tamiz de malla fina para asegurar una granulometría uniforme.

Después del tamizado, se prepara la muestra para la medición, la cápsula debe de estar completamente seca, la cápsula se llena aproximadamente hasta la mitad,

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	Manual de utilización Equipo Actividad de agua	Código:	AGEq-001
		Versión:	1
		Aprobado:	02/2025
		Página:	13 de 13

asegurándose que la superficie quede nivelada y compactada, pero sin ejercer presión excesiva.

La cápsula con la harina tamizada, la superficie debe de estar nivelada y compactada, pero sin ejercer presión excesiva que pueda modificar la reflectancia de la harina.

Procedimiento

- Prepare la muestra de galleta.
- Colocar la muestra en la cápsula transparente y tapar.
- Encender el equipo.
- Destapar el puerto del sensor.
- Colocar la cápsula en el sensor y esperar 5 min.
- Medir A_w en la muestra de harina morada.
- Anotar la lectura obtenida.
- Limpiar la cápsula para próximos usos.



Datos:

Producto	Medición 1	medición 2	Medición 3	Promedio
Harina morada	0,61	0,59	0,58	0,59

