

**EVALUACIÓN DE PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE EMPANADITAS DULCES
DURANTE EL ALMACENAMIENTO**

Estudiantes

STEPHANY POSADA MONCADA
CÓDIGO 201942486

MARIANA RIVAS DÍAZ
CÓDIGO 202010112



**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS
SANTIAGO DE CALI
2025**

**EVALUACIÓN DE PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE EMPANADITAS DULCES
DURANTE EL ALMACENAMIENTO**

Estudiantes

STEPHANY POSADA MONCADA
CÓDIGO 201942486

MARIANA RIVAS DÍAZ
CÓDIGO 202010112

Trabajo de grado para optar por el título de ingeniera de alimentos

Directora

LEIDY MARCELA MONTOYA, PhD.

Codirector

ALFREDO AYALA APONTE, PhD.

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS
SANTIAGO DE CALI
2025**

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	9
2. MARCO TEÓRICO	10
3. ANTECEDENTES.....	15
4. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	23
5. JUSTIFICACIÓN.....	25
6. OBJETIVOS.....	27
7. MATERIALES Y MÉTODOS.....	28
7.1 Muestras	28
7.2 Diseño experimental	28
7.3 Procedimiento general de fabricación de las Empanaditas Dulces	29
7.4 Frecuencia de medición.....	29
7.5 Análisis fisicoquímicos.....	29
7.5.2 Actividad de agua	30
7.5.3 Color	30
7.5.4 Textura	30
7.5.5 Rancidez oxidativa (Cualitativa).....	30
7.5.6 pH	30
7.6 Análisis microbiológico	31
7.7 Análisis sensorial	32
7.8 Procesamiento de datos	36
8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
8.1 PRUEBAS PRELIMINARES PARA SELECCIÓN DE CONSERVANTE	36
8.2 ANÁLISIS DEL EFECTO DE LA TEMPERATURA SOBRE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS.....	42
8.3 EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL USO DEL CONSERVANTE EN	51
EMPANADITAS DULCES ALMACENADAS A 25°C.....	51
8.3.2 Resultados microbiológico de Empanaditas Dulces (sin y con conservante)	56
8.3.3 Resultados sensoriales de Empanaditas Dulces (sin y con conservante)....	57
8.4 ESTIMACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DE LAS EMPANADITAS DULCES	60
9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	66
10. REFERENCIAS	67

11.	ANEXOS.....	74
-----	-------------	----

Listado de tablas

Tabla 1. Evaluación de propiedades fisicoquímicas y/o microbiológicas en alimentos.....	15
Tabla 2. Diseño experimental.....	28
Tabla 3. Requisitos microbiológicos exigidos por la norma NTC 1363.....	32
Tabla 4. Promedio de resultados para muestras con conservantes	40
Tabla 5. Características comparativas entre conservantes	41
Tabla 6. Resultados de variables fisicoquímicas durante el almacenamiento de Empanaditas Dulces sin conservante.....	42
Tabla 7. Resultados de variables fisicoquímicas durante el almacenamiento con conservante	47
Tabla 8. Resultado de la prueba rancidez oxidativa durante los días de almacenamiento	55
Tabla 9. Resultados de pruebas microbiológica para muestras con y sin conservante almacenadas a 25°C.	57
Tabla 10. Variables de respuesta y valores críticos para determinar vida útil de Empanaditas Dulces sin conservante	60
Tabla 11. Variables de respuesta y valores críticos para determinar vida útil de Empanaditas Dulces sin conservante	62

Listado de Figuras

Figura 1. Atributos sensoriales de Empanaditas Dulces con conservante ácido sórbico evaluadas por un grupo focal n=7. A. color. B.sabor. C. Olor. D Textura.	38
Figura 2. Atributos sensoriales de Empanaditas Dulces con conservante benzoato de sodio	38
Figura 3. Atributos sensoriales de Empanaditas Dulces con conservante propionato de calcio evaluadas por un grupo focal n=7. A. color. B.sabor. C. Olor. D .Textura.	39
Figura 4. Atributos sensoriales de Empanaditas Dulces con conservante Galimax flavor evaluadas por un grupo focal n=7. A. color. B.sabor. C. Olor. D .Textura.	40
Figura 5. Resultados fisicoquímicos de Empanaditas Dulces sin conservantes en función del tiempo almacenadas a 15, 25 y 35°C. A) Fuerza de fractura. B) Contenido de humedad. C)Actividad de agua (aw mermelada). D) Actividad de agua (aw masa). E) Variación total del color (ΔE).	46
Figura 6. Resultados fisicoquímicos de Empanaditas Dulces con conservantes en función del tiempo almacenadas a 15, 25 y 35°C. A) Fuerza de fractura. B) Contenido de humedad. C)Actividad de agua (aw mermelada). D) Actividad de agua (aw masa). E) Variación total del color(ΔE)	50
Figura 7. Resultados fisicoquímicos de Empanaditas Dulces sin conservante Y con conservante en función del tiempo almacenadas a 25°C. A) Fuerza de fractura. B) Contenido de humedad. C)Actividad de agua (aw mermelada). D) Actividad de agua (aw masa).. E) pH mermelada F) pH masa G) Variación total del color (ΔE). Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$)entre el mismo tiempo de almacenamiento según prueba Tukey.	55
Figura 8. Resultados de pruebas sensoriales de Empanaditas Dulces con y sin conservantes en función del tiempo almacenadas a 25°C. A) sabor. B) apariencia. C) textura. D) color. E) aceptación general.....	59
Figura 9. Proyección de componentes principales para muestra de Empanaditas Dulces sin conservante	61
Figura 10. Score del primer componente principal (S1) en función de los días de almacenamiento para muestra sin conservante.....	62
Figura 11. Proyección de componentes principales para muestra con conservante	63
Figura 12. Primer componente principal (S1) en función de los días de almacenamiento para muestra con conservante.....	64

Listado de Imágenes

Imagen 1. Empanadita Dulce	28
Imagen 2. Pieza publicitaria de invitación a prueba sensorial	34
Imagen 3. Cubículo con muestras codificadas aleatoriamente	34
Imagen 4. Explicación previa al inicio de la prueba	35

RESUMEN

El presente trabajo de grado tuvo como objetivo evaluar las propiedades fisicoquímicas de las Empanaditas Dulces elaboradas por la empresa CANAPÉ Pasabocas, con el fin de determinar el efecto del uso de conservantes y de la temperatura de almacenamiento sobre su estabilidad y establecer su vida útil adecuada para su posible comercialización a nivel nacional.

Para ello, se aplicó un diseño experimental factorial 3×2, considerando tres temperaturas de almacenamiento (15 °C, 25 °C y 35 °C) y dos condiciones del producto (con y sin conservante). Se realizaron análisis fisicoquímicos (contenido de humedad, color, textura, pH, actividad de agua y rancidez oxidativa), microbiológicos y sensoriales durante un período de 27 días a una temperatura de 25°C. El ácido sórbico fue seleccionado como conservante adecuado tras pruebas preliminares que incluyeron un grupo focal. Los datos se procesaron mediante ANOVA y prueba de Tukey ($p < 0,05$) para evaluar diferencias significativas entre tratamientos.

Los resultados demostraron que la temperatura y el uso del conservante influyeron significativamente en las propiedades fisicoquímicas del producto. Las Empanaditas Dulces almacenadas a 25 °C con ácido sórbico conservaron mejor su textura, color y humedad, manteniendo una apariencia sensorial aceptable hasta el día 27 de almacenamiento. En cambio, las muestras sin conservante o a mayores temperaturas presentaron deterioro acelerado. El análisis microbiológico confirmó la inocuidad del producto durante el periodo de estudio, y el análisis sensorial mostró una alta aceptación por parte de los consumidores.

Palabras claves: propiedades fisicoquímicas, análisis sensorial, análisis microbiológico, vida útil, almacenamiento.

1. INTRODUCCIÓN

La industria de alimentos se mantiene en constante crecimiento aportando significativamente al producto interno bruto del país y en la generación de empleo mediante la creación de pequeñas y medianas empresas que brindan productos y/o servicios innovadores en alimentos listos para el consumo, como los “snack” o aperitivos, facilitando la cadena de suministro (Del carpio & Mikhieieva, 2022). La palabra “snack” o aperitivo, se refiere al consumo de alimentos en una pequeña porción, usualmente consumida entre comidas principales, con el fin de obtener energía a partir de su aporte calórico (Hess et al., 2016).

Los productos horneados no se encuentran dentro de la canasta familiar, se consumen de forma recreativa, hacen parte del complemento a comidas principales y se ingieren como merienda o pasabocas. Actualmente presentan falencias en la extensión de su vida útil debido a su alta capacidad higroscópica que provoca cambios en el contenido de humedad alterando las características físicas y organolépticas, su vida de anaquel es corta; sin embargo, al añadir un envase o un conservante esta puede extenderse (Smith, 2025).

En los alimentos listos para consumo, se debe proporcionar un método de barrera que acondicione, proteja, identifique, informe y conserve el producto frente a alteraciones fisicoquímicas, microbiológicas y organolépticas como la ganancia de humedad o los daños por exposición a la luz y al oxígeno. Los daños o alteraciones que pueda sufrir el alimento están ligados a la formulación del producto como contenido de agua, grasas y carbohidratos, la manipulación adecuada durante la producción y las condiciones de almacenamiento. Además, la implementación de envases inteligentes con sensores e indicadores, permiten el monitoreo del alimento en tiempo real (Palanisamy, Kadirvel, & Ganesan, 2024).

Para determinar que el envase ha sido el adecuado para la conservación de la vida útil del alimento se realizan pruebas microbiológicas y fisicoquímicas al mismo. Para seleccionar los métodos de análisis se caracterizan los principales aspectos que deterioran el alimento como el cambio de los macro y micronutrientes, pérdida de crujencia y/o crocancia, pérdida de color, entre otros aspectos que reflejan alteraciones organolépticas y nutricionales (Mérieux NutriSciences, 2025). Además, se establecen los parámetros que caracterizan la vida útil del producto y se realizan los análisis de color, textura, contenido de humedad, actividad de agua, pH, índice de peróxidos, análisis microbiológico y análisis sensorial. Se ha evidenciado que las pruebas microbiológicas y fisicoquímicas indican la caducidad de los alimentos para establecer el tiempo de consumo máximo, en donde el alimento no tendrá pérdidas de calidad ni proliferación microbiana que provoque daños a la salud del consumidor.

El objetivo de este trabajo fue evaluar las propiedades fisicoquímicas del producto horneado Empanaditas Dulces elaborado por la empresa CANAPÉ Pasabocas, con el propósito de conservar sus características fisicoquímicas durante su comercialización.

2. MARCO TEÓRICO

Snack

La palabra “snack” se traduce como un alimento ligero el cual se consume como pasaboca o aperitivo entre comidas, consumiéndose en cualquier tipo de ocasión que requiera de un alimento de fácil y rápido consumo. También se puede denominar bocadillo, el cual tiene un significado similar incluyendo la definición de sabroso, agradable al gusto o estimulante y en algunas ocasiones referirse a un momento del día, el tipo de alimento o el contexto social de consumo (Hess, Jonnalagadda & Slavin, 2016). La variedad de “snacks” es muy amplia y abarca una extensa gama de alimentos que pueden ser salados, dulces, entre otros como papas fritas, maní, galletas, ponqué, horneados, deshidratados que pueden catalogarse entre saludables y poco saludables, ya que aportan grandes cantidades de carbohidratos, grasas, colorantes y saborizantes artificiales (Chacón et al., 2017).

Empanada

La empanada se origina desde la edad media, en Latinoamérica se asentó principalmente en la región Andina y el relleno como la base de la masa cambió de acuerdo con los países y sus alimentos autóctonos, así como también su proceso de producción. Es un alimento tradicional en países de lengua hispana, nace de la palabra empanar cuyo fin era contener otro alimento en masa o pan para luego cocerlo. Alrededor del mundo existen diferentes tipos de empanadas según las costumbres de cada región, por ejemplo, los turcos elaboran *borekas* o *burecas*, los italianos elaboran *panzerotti* y *calzoni*, los británicos *cornish pasties*, algunos ejemplos de la cultura oriental son las *gyosas* de los países China y Japón, además de las *samosas* de la cultura Indú (Correa & Arango, 2013).

La empanada es un alimento versátil dado que varía desde la materia prima de la masa como la de su relleno, además de la forma en que se procesa, ya sea frita, al horno o a vapor; así que existen diferentes tipos de empanadas, desde las que se elaboran con masa de maíz, como la que se hacen con masa a base de harina de trigo y sus rellenos también resultan muy diversos.

En Colombia entre los alimentos patrimoniales se encuentran la *mazamorra*, *arepas*, *tamales*, *empanadas*, *champús*, *masato* y *envueltos*, todos ellos a base de maíz. Entre los alimentos que más se destacan son la *empanada* y el *tamal* dado que estos productos son comprados aproximadamente por el 40,7 % de los hogares colombianos (Quintero et al., 2023).

Las empanadas de maíz se consumen regularmente fritas, por lo que se debe tener en cuenta dos aspectos de importancia como lo son su alta densidad energética, por lo que el consumo de estos alimentos debe ser ocasional o consumirse en pequeñas porciones y el segundo aspecto es la calidad del aceite en que estas se fritan (Quintero et al., 2023).

En cuanto a la empanada horneada, esta tiene forma de medialuna o corona, está hecha con masa tradicional tipo hojaldre, masa quebrada o pan, su base es harina de trigo o maíz, margarina, grasa vegetal (margarina o manteca), y agua con rellenos dulces o salados, sometidas a un proceso térmico de horneado para consumo inmediato o como pretratamiento para congelación (Equipo editorial, 2017). Los rellenos dulces de productos

horneados como las empanadas, se caracterizan por ser a base de frutas como guayaba y piña siendo el departamento del Valle del Cauca uno de los principales cultivadores de dichos frutos.

Harina de trigo

La harina de trigo es un producto en polvo obtenido a partir del endospermo del trigo. Posee nutrientes como vitamina B1, B2, niacina, ácido fólico y hierro, tiene un contenido de humedad de aproximadamente el 14% y es uno de los principales componentes en la base para las empanadas horneadas, aportando textura, volumen, color y de acuerdo con su capacidad higroscópica define el contenido de humedad final del producto (Inungaray & Reyes, 2013). La harina de trigo tiene como función dentro de la empanadita dulce dar cuerpo y contener el relleno de mermelada de piña, esto gracias a sus proteínas insolubles que le brindan la capacidad de formar gluten (Astys et al., 2022) permitiendo la extensibilidad de la masa para la formación del círculo el cual se rellena y se forma la media luna, forma característica de la empanada.

De acuerdo con el periódico el Portafolio (2022) Colombia tiene un alto consumo de harina de trigo el cual es utilizado en gran medida en la producción de pan y pasta, sin embargo Colombia no cuenta con la capacidad en cultivos para suplir la demanda, por lo cual se importa 1,9 millones de toneladas de trigo mientras que dentro del país se producen 6800 toneladas lo que provoca que se deba importar alrededor del 99,4% del trigo que se utiliza en el país la para la producción de harinas de panadería, repostería y demás.

Piña

La piña (*Ananas comosus*), es una fruta que es originaria principalmente de países como Brasil y Paraguay, además es uno de los frutos que más se consume en el mundo, esto debido a su característico aroma y sabor, además de su versatilidad para ser consumida, ya sea fresca, en conserva, como dulce, entre otras opciones (González et al., 2022). Adicionalmente, la piña posee características nutricionales relevantes al ser fuente de vitaminas B y C y minerales, tales como calcio, fósforo, magnesio, hierro y potasio (García, 2018).

De acuerdo con el Ministerio de agricultura y desarrollo rural (2019) el Valle del Cauca es el departamento con una de las mayores producciones de piña a nivel nacional junto con Santander, Meta, Cauca y otros. Del año 2014 al 2019, Colombia pasó de producir 652.759 toneladas a 1'174.995 toneladas de piña al año, las cuales se cosecharon en alrededor de 32.700 hectáreas pertenecientes a variedades como oro miel, manzana, cayena lisa y otras.

Además, la institución DANE (2016) indica cuales son las variedades de piña más cultivadas en Colombia y sus características, tal como se indica a continuación:

Cayena lisa, la cual se caracteriza por ser mediana con hojas alargadas y anchas. Su forma es tubular y su cáscara es anaranjada, mientras su pulpa es amarilla clara. Esta variedad es la más utilizada en la industria de los alimentos.

Perolera, se caracteriza por ser de planta grande con hojas cortas, su forma es cúbica y su cáscara y pulpa son amarillas. Es la variedad más común y mayoritariamente empleada en la agroindustria por su contenido de jugo.

Manzana, esta variedad es una mutación de la variedad Perolera, su cáscara es de color rojo oscuro (de allí su nombre) y su pulpa de color rosado pálido. Sin embargo, es más susceptible a su manipulación y transporte.

Gold u oro miel, es la variedad con más contenido de azúcares, su tamaño es más pequeño que las otras variedades, su forma es simétrica y uniforme, por otra parte, su cáscara llega a ser amarilla al igual que su pulpa, proporcionando un gran atractivo en el mercado en general.

No obstante, a pesar del alto consumo de piña tal como menciona (González et al., 2022), existen pocos desarrollos de “snacks”, como producto deshidratado con textura crujiente y con alta retención de calidad. Una de las razones puede deberse al corto tiempo de vida útil por su alto contenido de agua por lo que se hace necesario procesar la fruta y así extender su vida útil.

Grasa

Las grasas o lípidos son los compuestos orgánicos presentes en algunos alimentos de origen vegetal o animal, son de naturaleza hidrofóbica, poseen beneficios en la dieta humana y animal aportando 9 Kcal por gramo (Cabezas et al., 2016). Se caracterizan principalmente por los triacilglicéridos y ácidos grasos que aportan energía metabolizante y hacen posible la absorción de las vitaminas liposolubles. A nivel gastronómico también tienen un gran aporte ya que, su punto de fusión favorece otros aromas y sabores presentes en el alimento. En el caso de una dieta que aporte una cantidad en exceso de grasa que no sea consumida, los ácidos grasos se almacenarán en forma de triacilglicéridos (TAG) en el tejido adiposo y se incrementarán los niveles de colesterol asociado a la lipoproteína de baja densidad (LDL) y al colesterol total (Farrán, 2020).

Las grasas en los alimentos están presentes como parte de la formulación o como parte del proceso de fritura, en las empanadas horneadas las grasas forman parte de los ingredientes para el desarrollo de la masa aportando sabor, aroma y textura en la elaboración del producto. Durante el análisis de vida útil de los alimentos resulta ser un factor importante por su deterioro en presencia de luz, agua y oxígeno que pueden llegar a producir olor y sabor desagradable (Inungaray & Reyes, 2013).

Conservantes

Los conservantes son sustancias químicas que se caracterizan por prevenir, retardar o detener el proceso de fermentación, putrefacción, acidificación u otra alteración de los alimentos, ocasionada por enzimas o microorganismos (Ruiz et al, 2023). Existen diferentes tipos de conservantes, algunos de ellos se describen a continuación:

Ácido sórbico:

El ácido sórbico (E200) inhibe el crecimiento de mohos y levaduras, además se ha demostrado que inhiben o inactivan bacterias, dependiendo de la concentración del ácido y de las condiciones ambientales, entre ellas la *Salmonella*, *Estafilococo*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus bulgaricus* y *Escherichia coli*. Este conservante se emplea en productos de panadería y rellenos de fruta para pastelería en una concentración de máximo 1000 mg/kg de producto de acuerdo con la Resolución 4125 de 1991 y el Codex Stan 192 de 1995 (última revisión en 2021). Entre los alimentos en que más se destaca su uso están los productos horneados, queso, jugo de naranja, jarabes de frutas, frutas en general, margarina, yogurt y pepinos en vinagre. En estos casos, el ácido sórbico y sus sales (sorbato de potasio y sorbato de calcio) son ampliamente utilizados como conservantes, ya que inhiben el crecimiento de mohos, levaduras y algunas bacterias sin alterar significativamente las características sensoriales de los alimentos. Su seguridad y límites de uso han sido reevaluados recientemente por la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA, 2019).

Benzoato de sodio:

El benzoato de sodio (E211) es una sal del ácido benzoico, es efectivo contra las levaduras, bacterias y mohos. Este conservante se emplea en productos de panadería y rellenos de fruta para pastelería en una concentración de máximo 1000 mg/kg de producto de acuerdo con la Resolución 4125 de 1991 y el Codex Stan 192 de 1995 (última revisión en 2021). Se emplea en alimentos con pH menores a 6, por lo que se hace más común emplearlo en alimentos con vinagre, en mermeladas con ácidos cítricos, bebidas carbonatadas, etc. (Davidson et al., 2020; EFSA, 2020).

Galimax Flavor:

Galimax Flavor, es un vinagre natural que permite la extensión de la vida útil en alimentos, es altamente eficaz contra bacterias aerobias, anaerobias, mohos y levaduras. Su obtención es debido a la doble fermentación alcohólica y acética del azúcar y se considera como saborizante natural con propiedades antimicrobianas. Este ingrediente innovador tiene el potencial de reemplazar los conservantes sintéticos como el sorbato de potasio (Galactic, 2021).

Propionato de calcio:

El propionato de calcio (E282) es una sal cálcica del ácido propanoico, es un conservante fungistático utilizado ampliamente en el sector panadero y pastelero para así prevenir el crecimiento de hongos filamentosos y de bacterias del género *Bacillus*, gracias a su eficacia en inhibir microorganismos en pan y productos horneados (Matayatsuk Phechkrajang & Yooyong, 2016). Se emplea comúnmente en productos a base de queso, jamones, mermeladas y conservas. No presenta actividad contra levaduras.

Envase

Según la NTC 6302-1:2018, la definición de envase “es aquel cuerpo fabricado con materiales de cualquier naturaleza y que se utiliza para contener, proteger, manipular, distribuir y presentar diversidad de géneros para su conservación, transporte, distribución y consumo”. En la industria de los alimentos los envases cumplen con funciones importantes como lo son contener, proteger, informar, además de ser el punto de atracción de los consumidores. El envase constituye una barrera entre el alimento y el entorno, evita que el alimento sea afectado directamente por la luz, humedad y gases (Navia et al., 2014).

Se conoce que los materiales empleados principalmente en la industria alimentaria son el vidrio, metal, plástico, papel y cartón ya sea para envase primario, secundario o terciario. Sin embargo, actualmente se conoce que, de manera adicional, se están aplicando nuevas tecnologías como lo son el envasado en atmósfera modificada, envasado aséptico, materiales elaborados con nano partículas, entre otros (Navia et al., 2014).

Los materiales más usados para envases de alimentos son polietileno (PE) de alta densidad (HDPE) y de baja densidad (LDPE), polipropileno (PP), poliestireno (PS), cloruro de polivinilo (PVC) y Tereftalato de polietileno (PET), el etilen vinil alcohol (EVOH) y las poliamidas (PA) (Navia et al., 2014).

Tereftalato de polietileno (PET): Es un polímero semi-cristalino que se emplea ampliamente en aplicaciones de envasado de alimentos, electrónicos y médicos. Su producción de películas delgadas a menudo implica un paso de orientación biaxial que se utiliza para reducir el espesor de la película y al mismo tiempo mejorar la resistencia mecánica y la estabilidad dimensional, dicha orientación biaxial da como resultado una reducción de dos a tres veces en la permeabilidad al gas (Carr et al., 2013).

Vida útil

Período de tiempo durante el cual el producto conserva sus características previstas antes de que alcance su punto final (ICONTEC, 2018). El tiempo de vida útil está definido entre el tiempo de fabricación y el tiempo en el que el alimento presenta cambios significativos que puedan generar rechazo por parte del consumidor (Allied Academies, 2019).

Prueba de vida útil

Métodos para determinar los efectos del deterioro o las condiciones de almacenamiento, o ambos, en las características del producto con el fin de establecer la vida útil de este. Esta prueba está diseñada para gestionar el riesgo del sistema de distribución. (ICONTEC, 2018). El estudio de la vida útil en los alimentos consiste en establecer un tiempo y frecuencia de muestreo para medir el deterioro del alimento de forma cualitativa o cuantitativa definiendo los factores limitantes que pueden ser de naturaleza fisicoquímica, microbiológica y sensorial (Moura et al, 2022)

3. ANTECEDENTES

Estudios anteriores han abordado la problemática de proponer alternativas para la conservación de productos del sector alimenticio, mediante el análisis de las características que lo componen. Para el producto Empanadita Dulces de este proyecto, no se encontraron investigaciones, por lo que se presentan en la tabla 1 algunos antecedentes con productos similares:

Tabla 1. Evaluación de propiedades fisicoquímicas y/o microbiológicas en alimentos.

NOMBRE DEL PRODUCTO	CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO	MECANISMO DE CONSERVACIÓN	VARIABLES DE RESPUESTA	RESULTADOS	AUTOR
Producto de panadería fermentado (FBPA)	25°C 28 días de almacenamiento pH 4,5 y 5,5 Actividade agua (aw) (0,80;0,85;0,90)	Conservante s: concentraciones de (0%,0,03%;0,3%) propionato de calcio, benzoato de sodio, sorbato de potasio,	Análisis microbiológico inhibición de (<i>Eurotium</i> sp p, <i>Aspergillus</i> pp, y <i>Penicillium</i> corylophilum)	El sorbato de potasio es el conservante más eficaz para prevenir el deterioro por hongos a la concentración máxima probada (0,3 %) en un pH de 4,5, independiente mente de la aw. La misma concentración de propionato de calcio y benzoato de sodio fue efectiva solo a niveles bajos de aw. Por otro lado, la actividad inhibidora del sorbato de potasio se redujo ligeramente a pH 5,5, siendo efectivo el 0,3% solo a 0,80 aw .	(Guynot et al., 2005)

NOMBRE DEL PRODUCTO	CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO	MECANISMO DE CONSERVACIÓN	VARIABLES DE RESPUESTA	RESULTADOS	AUTOR
Arepa blanca asada	18°C- 80%HR 23,3°C- 73,6%HR 12 días de almacenamiento	Conservantes: Ácido sórbico, propionato de sodio, sorbato de potasio y mezcla de conservante s	Análisis microbiológico (Recuento de mohos)	El conservante que permitió obtener un menor recuento de mohos en ambas condiciones ambientales analizadas fue el ácido sórbico, seguido por el propionato de sodio.	(Corpas & Tapasco, 2012)

NOMBRE DEL PRODUCTO	CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO	MECANISMO DE CONSERVACIÓN	VARIABLES DE RESPUESTA	RESULTADOS	AUTOR
Muffins	Temperatura ambiente (valor no especificado) 12 semanas de almacenamiento Envases polipropileno (PPTH) y acrílico lacado (PPAL)	Conservante ácido sórbico y uso envases	Oxidación lipídica, pérdida de peso, actividad de agua (a_w), materia seca, humedad y análisis sensorial.	Los cambios fisicoquímicos más relevantes ocurrieron durante los primeros siete días. La oxidación lipídica fue estable durante el almacenamiento, sin embargo, se presentó variación significativa en el peso, humedad y a_w . El uso del envase presenta una relación entre las características sensoriales, siendo el PPAL quien presenta bajos atributos sensoriales.	(Grillo et al. 2014)

NOMBRE DEL PRODUCTO	CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO	MECANISMO DE CONSERVACIÓN	VARIABLES DE RESPUESTA	RESULTADOS	AUTOR
Piña "Perola" recién cortada	4°C y 8°C (90% HR) Envases PET (Poli-tereftalato) y bandejas de poliestireno envuelta en película de PVC (cloruro de polivinilo)	Uso de temperaturas bajas (refrigeración) y envase.	Color, textura, apariencia, pérdida de peso, acidez titulable, contenido de sólidos solubles, relación sólidos solubles y acidez titulables, pH, vitamina C y azúcares solubles.	La piña presenta una calidad de producto fresco hasta nueve días a 4°C. El almacenamiento en bandeja de poliestireno envuelta en film de PVC condujo a una mayor pérdida de peso, pero mejor apariencia, además mostró un buen mantenimiento de los parámetros fisicoquímicos de la fruta durante el período de almacenamiento	(Lima et al. 2019)

NOMBRE DEL PRODUCTO	CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO	MECANISMO DE CONSERVACIÓN	VARIABLES DE RESPUESTA	RESULTADOS	AUTOR
Empanada de maíz	8°C (refrigeración) - 20°C (congelación) 5 días de almacenamiento.	Uso de temperaturas bajas (refrigeración y congelación)	Porcentaje de humedad, pH y análisis microbiológico (recuento de mesófilos aerobios, mohos y levaduras)	El proceso de pre-fritura y de fritura influyen en la disminución del porcentaje de humedad, además de la reducción de microorganismos. El método de conservación con mayor estabilidad en el pH es la congelación.	(Montoya et al. 2019)

NOMBRE DEL PRODUCTO	CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO	MECANISMO DE CONSERVACIÓN	VARIABLES DE RESPUESTA	RESULTADOS	AUTOR
Huevos enteros liquido pasteurizado (LWE)	4°C 45 días de almacenamiento	Conservante s: Benzoato de sodio, benzoato de potasio, trifosfato, nisina, Laktocid, Defensa JB, Galimax FlavorV50	Color, pH, análisis sensorial, análisis microbiológico	El conservante Lacktocid (mezcla de ácido acético, ácido láctico y lactato de sodio) permitió extender la vida útil de LWE hasta 45 días; sin embargo, presentó un efecto significativo sobre el valor de pH y las características sensoriales. Mientras que los conservantes alternativos como Nisina, Defensa JB y Galimax Flavor V50, tienen un impacto mínimo en las características sensoriales, pero una vida útil del producto de tres semanas.	(Necidová et al., 2019)

NOMBRE DEL PRODUCTO	CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO	MECANISMO DE CONSERVACIÓN	VARIABLES DE RESPUESTA	RESULTADOS	AUTOR
Pan multicereal (MGB)	28°C (temperatura ambiente), 5°C (refrigeración) 13 días de almacenamiento Envase de HDPE (polietileno de alta densidad)	Adición de cascara de cebolla en polvo (OSP) como conservante natural concentraciones (1%,2%3% y 4%) y uso de envase.	Textura, análisis sensorial, análisis microbiológico, análisis TPC (fenoles totales) y TFC (flavonoides totales), actividad antioxidante.	Los valores de TPC, TFC y actividad antioxidante aumentaron conforme aumentó la tasa de enriquecimiento del alimento. La textura mostró una disminución en la dureza y masticabilidad al aumentar la adición de OSP, mientras que la elasticidad y cohesividad mejoraron, adicionalmente se logró extender la vida útil a 11 días en condiciones ambientales y 13 días en condiciones de refrigeración.	(Sagar&P areek, 2021)

4. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La empresa CANAPÉ Pasabocas ubicada en el municipio de Yumbo, elabora artesanalmente diferentes tipos de productos pasabocas de categorías dulces y salados para atender principalmente el mercado regional del Valle del Cauca. Actualmente esta empresa ofrece sus productos en las ciudades de Cali, Jamundí, Yumbo y otros municipios aledaños a su ubicación. La empresa realiza la venta y distribución de los productos directamente a los clientes finales y dada las características y fabricación de los mismos, estos se ofrecen para consumo inmediato.

Uno de los principales productos de la categoría dulce de la empresa CANAPÉ Pasabocas, es de tipo horneado con relleno de mermelada de piña denominado Empanaditas dulces, las cuales conservan sus características organolépticas relevantes para el fabricante como es la crujencia y el color durante cinco días, esta información se ha obtenido de la observación que ha realizado la empresa fabricante almacenando este pasaboca en un envase termoformado y a temperatura ambiente, es decir, temperatura no controlada. El producto se elabora sin añadir conservantes y a su vez no cuenta con un envase que considere las características del alimento y que puede prevenir el deterioro de este. De la investigación de Guynot (2003), se puede destacar que los envases cumplen una función vital en la conservación de la vida útil de los productos de panadería, ya que son métodos que actúan como una barrera sinérgica para inhibir o retardar el crecimiento microbiano y que, a su vez, la medición del pH, la actividad del agua (a_w) y de la temperatura son entre las variables más comunes utilizadas en el análisis para garantizar la estabilidad de un alimento.

En el mercado hay empresas que ofertan empanadas de pan hojaldrado con diversos rellenos como carne de res, morcilla, con pollo y verduras, etc. Este producto se caracteriza porque no contienen conservantes y la vida útil de sus empanadas es de 24 horas en bolsa plástica a temperatura ambiente y 1 mes si se conserva congeladas (EL MOLINO, 2023), sin embargo; sus productos listos para consumir se comercializan solo a nivel local y no a nivel nacional.

La empresa ha decidido evaluar su participación de ventas a nivel nacional y tiene el interés de que las Empanaditas Dulces, puedan estar dispuestas en góndolas de supermercados nacionales. Sin embargo, el nivel de respuesta de la empresa frente a la entrega de pedidos de este producto, está condicionado a que los clientes realicen solicitudes con una anticipación mayor a tres días, ya que la empresa para despachos locales no tiene la capacidad de respuesta inmediata en ventas y para pedidos regionales, cuyo tiempo de distribución es mayor, el nivel de respuesta disminuye aún más. Lo anterior, produce una afectación en el servicio al cliente y ocasiona a su vez una potencial demanda no servida, que desmejora el tiempo de respuesta frente a solicitudes de pedidos que no son despachados directamente desde un inventario de producto terminado para atender la variabilidad de la demanda y conlleva a la necesidad de establecer que, durante el tiempo de permanencia de dicho inventario, el producto pueda conservar sus características fisicoquímicas y sensoriales.

Por lo anterior, surge la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuál combinación de temperatura de almacenamiento y conservante prolonga la estabilidad de las propiedades fisicoquímicas de Empanaditas Dulces?

5. JUSTIFICACIÓN

Según el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo (2019), para el año 2019 en palabras del presidente de Colombia Productiva, Camilo Fernández de Soto “En Colombia se consumen solo 42 kilos de galletas, aceites o mantequillas, y snacks per cápita cada año, mientras que en otros países de la región es hasta de 64 kilos per cápita anuales”. Cifras que se presumen tienden al crecimiento y que hoy en día según The Foodtech (2023) el consumo per cápita de Snack en Colombia fue de 4 kg por persona al año reflejando un claro aumento de acuerdo con lo propuesto por el ministerio años atrás. Desde el año 2014 al 2024 la Cámara de Comercio de Cali ha liderado el Clúster de Macrosnacks donde se agrupan las empresas relacionadas con la fabricación, distribución y comercialización de alimentos empacados y bebidas no alcohólicas de fácil acceso para el consumidor y listas para consumir en el Valle del Cauca (Red Cluster Colombia, 2025; Cámara de Comercio de Cali, 2024).

El potencial de crecimiento del sector de los Macro snacks se ha ido evidenciando año tras año desde el 2014. Es así de notorio el potencial que presenta el sector y la oportunidad de que las empresas de alimentos tengan participación en esta industria.

Según las cifras reportadas por la Cámara de comercio de Cali (2019), el departamento que más se destaca en las exportaciones de Macro snacks teniendo en cuenta los principales departamentos de Colombia desde el 2015 al 2019 es el Valle del Cauca, seguido por Antioquia, luego Cundinamarca y Caldas. Por lo anterior, el Gobierno Nacional diseñó el Plan de Negocios “Sector de alimentos procesados Visión a 2032” donde se plantea la estrategia para aumentar ventas locales, producción y exportaciones del sector snacks, galletas y aceites.

Tal como indica la agencia de noticias de la Universidad del Valle (2017) “Cada día los consumidores buscan en el mercado productos innovadores, entre ellos alimentos que tengan nuevos sabores, novedosas texturas y que sean de fácil consumo”, frase indicada en su publicación “Nuevos Retos para el Clúster de los Macro snacks y la Escuela de Ingeniería de Alimentos”. Es importante mencionar que la Universidad del Valle ha realizado un acompañamiento académico a la Cámara de Comercio de Cali, haciendo parte a su vez del proyecto clúster de Macro snacks, que además brinda formación especializada en metodologías para la determinación y prolongación de vida útil para así suplir las necesidades del mercado.

La permanencia en el tiempo de una empresa, puede estar relacionada entre la oportunidad en el mercado y en la atención de la demanda, lo que implica administrar de una u otra forma, materias primas, componentes, repuestos, insumos y/o productos terminados, productos y materias primas en proceso o en tránsito, manteniendo unidades en inventario en mayor o menor grado. Por lo anterior y con el objetivo de responder a la variabilidad de la demanda, se debe garantizar que el inventario de producto terminado así como materia prima en almacenamiento pueda conservar sus características fisicoquímicas con respecto al tiempo realizando una gestión eficiente del inventario lo que contribuye a la mejora en la capacidad de respuesta frente al cliente (Shah & Shin, 2022).

Desde la perspectiva de la ingeniería de alimentos, la prolongación de la vida útil es crucial para que productos tipo snack empacados puedan ingresar a canales de comercialización a nivel nacional, donde se requieren tiempos de anaquel más amplios debido a los procesos de transporte, almacenamiento y distribución. Para operar con eficiencia en sistemas de distribución extensos, especialmente en redes de supermercados o distribución en regiones distantes, los productos de panadería o snack deben mantener un nivel significativo de frescura durante varias semanas. De hecho, muchos supermercados y tiendas de expendio requieren que los productos conserven al menos el 75% de vida útil al ingresar, es por ello que el uso de envases con atmósfera modificada o métodos de barrera pueden extender esa vida útil hasta 30 días, lo que favorece la logística de expendio (Barrett, 2016). Por otro lado, Robertson (2016) destaca que el diseño del empaque y el uso de conservantes, control de humedad, y el manejo de la atmósfera interna del producto son fundamentales para mantener la estabilidad fisicoquímica y sensorial del alimento durante el tiempo estimado de vida útil. Estas estrategias permiten que productos que tradicionalmente tendrían una vida útil de pocos días bajo condiciones locales, puedan alcanzar rangos de estabilidad compatibles con los requerimientos logísticos del comercio nacional. De este modo, el desarrollo de metodologías para extender la vida útil no solo responde a la demanda del consumidor moderno, sino que es una necesidad técnica para la viabilidad comercial en cadenas de suministro amplias.

HIPÓTESIS

Empanaditas Dulces con conservante y almacenadas a 25°C, prolongan el tiempo de conservación de las propiedades fisicoquímicas en comparación con las Empanaditas Dulces sin conservante.

6. OBJETIVOS

6.1. Objetivo general

Establecer la influencia de un conservante y la variación de la temperatura de almacenamiento sobre propiedades fisicoquímicas de Empanaditas Dulces.

6.2. Objetivos específicos

- Determinar el efecto de la temperatura sobre propiedades fisicoquímicas de Empanaditas Dulces durante el almacenamiento.
- Evaluar la influencia del uso de un conservante sobre el contenido de humedad, color, textura, actividad de agua, pH, índice de peróxidos de Empanaditas Dulces durante el almacenamiento.

7. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1 Muestras

Se emplearon Empanaditas Dulces rellenas con mermelada de piña, que fueron suministradas por la empresa CANAPÉ Pasabocas del municipio de Yumbo (Valle del Cauca). Cada empanada tiene una forma de semi-luna con una longitud aproximada de 5cm, con un espesor de 2cm y un peso de 8g (Imagen 1.)



Imagen 1. Empanadita Dulce

7.2 Diseño experimental

Se aplicó un diseño experimental factorial 3x2 con un total de seis tratamientos (Tabla 2).

Tabla 2. Diseño experimental

Variable de proceso	Niveles	Variables de respuesta
Temperatura de almacenamiento (°C)	15	Contenido de humedad Actividad de agua Color Textura *Rancidez oxidativa *pH *Análisis microbiológico *Análisis sensorial
	25	
	35	
Conservante	Sin conservante	
	Con conservante	

*Estos análisis se realizaron en las muestras correspondientes a 25°C para cada uno de los tiempos (análisis complementarios). Se selecciona 25°C debido a que esta es la temperatura promedio medioambiental. El análisis microbiológico y sensorial se realizó sólo a esta temperatura, al igual que las mediciones de rancidez oxidativa y pH. Esta decisión se fundamentó en la optimización de recursos, para el caso de los dos últimos parámetros, si bien aportan información valiosa sobre la estabilidad del alimento, se considera que en

los demás parámetros de seguimiento constante constituyen los principales indicadores de su deterioro.

Mediante pruebas preliminares se definió conservante de acuerdo con la norma del Codex alimentario debido al alcance del proyecto el definir más conservantes en la evaluación implicaría un duplicado en el número de muestras. Dentro de las opciones consideradas son los conservantes y sus dosificaciones empleadas: ácido sórbico (1000mg/Kg), benzoato de sodio(1000mg/Kg), Galimax Flavor (10g/Kg) y propionato de calcio(1500mg/kg).

Los resultados se analizaron por medio de un análisis de varianza ANOVA y la comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 5%.

7.3 Procedimiento general de fabricación de las Empanaditas Dulces

Para la elaboración de las Empanaditas Dulces, la materia prima que emplea la empresa CANAPÉ Pasabocas es harina de trigo, sal, margarina, conservante y agua para la masa. Para su relleno se emplea mermelada de piña elaborada a base de piña y sacarosa. La empresa no autorizó la publicación de las formulaciones en detalle y del proceso.

Una vez horneadas las Empanaditas Dulces, se empacaron en un envase PET METALIZADO/FLEXIBLE (Anexo 1). Este empaque es ampliamente usado en diversos alimentos.

7.4 Frecuencia de medición

Se realizaron análisis preliminares para establecer cuál es el tiempo máximo de almacenamiento de las muestras en las cámaras ambientales, a partir de esta información se realizaron 6 frecuencias de muestreos entre el día inicial y final de almacenamiento correspondientes a 1, 7, 15, 19 ,23 y 27 días. Las muestras se almacenaron en cámaras ambientales (Mettler DIN12880, Alemania) a 15, 25 y 35°C y humedad relativa de 75%. En cada una de las frecuencias de muestreo se evaluó el contenido de humedad, actividad de agua, color, textura. Para la temperatura de 25°C se evaluó además rancidez oxidativa, pH, análisis microbiológico y sensorial.

7.5 Análisis fisicoquímicos

7.5.1 Contenido de humedad

Se realizó la determinación del contenido de humedad mediante el método oficial indicado por la AOAC 925.10 (AOAC,1995). Las muestras fueron maceradas completamente (masa y mermelada), se pesó aproximadamente 5 g sobre cajas Petri en una balanza analítica, y posteriormente las muestras se llevaron a la estufa a 80°C por 24 h. Esta medición se realizó por triplicado.

Para las muestras almacenadas a 25°C , se pesó aproximadamente 7 g con el objetivo de estas misma muestras emplearlas en la prueba de rancidez oxidativa.

7.5.2 Actividad de agua

Se realizó por medio de un higrómetro con control de temperatura (Acualab, CX-1,US) empleando la técnica descrita por la ISO 18787(2017) mediante el principio de punto de rocío. La muestra fue macerada, se pesó aproximadamente 1 g y se realizó la medición de la actividad de agua a la masa y posteriormente a la mermelada, en cada caso se realizó la medición por triplicado.

7.5.3 Color

Los cambios del color se realizaron por un espectrofotómetro (Hunter Lab ColorFlex, USA), usando las coordenadas, Luminosidad (L^*), verde-rojo (a^*) y azul-amarillo (b^*), utilizando como referencia iluminante D65 y el observador estándar 10°. Dicha medición se realizó en la parte externa del alimento en la zona superior o lado visible que contiene el gratín del alimento, cada medición de coordenada se realizó por triplicado, a las coordenadas L^* , a^* y b^* , y posteriormente se estimó la variación del color total (ΔE) mediante la ecuación 1.

$$\Delta E = \sqrt{(L_0 - L_i)^2 + (a_0 - a_i)^2 + (b_0 - b_i)^2} \quad (1)$$

7.5.4 Textura

Se realizó una prueba de compresión uniaxial utilizando un texturómetro (Shimadzu, USA). Se empleó un punzón para hacer compresión en el centro de la muestra completa por triplicado. La velocidad de compresión de 30 mm/min y se registró la fuerza de fractura (N) correspondiente al valor máximo en la curva fuerza-deformación.

7.5.5 Rancidez oxidativa (Cualitativa)

Se realizó una prueba cualitativa por duplicado para la identificación de rancidez del alimento, la metodología indicada corresponde al método de Kreiss para el cual se extrae la grasa presente en el alimento por método de Soxhlet (Viera & Morales, 2020), después de la extracción del aceite se procedió a realizar la prueba:

Se tomó 1 mL de aceite en una probeta, se adicionaron 5 mL de solución éter cloroformo y se agitó. Luego se adicionó 1 mL de HCl concentrado y se agitó, se adicionaron 5 gotas de fluoroglucina (0.1%), se agitó y se dejó reposar por 30 segundos para luego observar la reacción. Después de haber realizado de forma efectiva el procedimiento se interpreta como rancidez positiva al tornarse color rojo o rosado y negativa si no se obtiene tal color (Segurondo & Cortés, 2020).

7.5.6 pH

La medición del pH indica la concentración de iones hidrógeno $[H^+]$ que están presentes en una sustancia, la escala que se presenta es de 0 a 14. Para las Empanaditas dulces se realizó empleando un pHmetro (HANNA, HI 3220) donde se realizó la medición tanto a la matriz completa como a la mermelada.

Se mezclaron 5 g de muestra (masa o mermelada) con 20 mL de agua destilada (relación 1:4 m/v). La suspensión fue homogeneizada. El pH se midió a temperatura ambiente (aprox. 20 °C) utilizando un pH-metro calibrado diariamente con tampones pH 4.01, 7.00 y 10.01. Este método permite homogeneizar bien la muestra sin alterar significativamente el pH del producto semisólido (FAO, s.f.).

7.6 Análisis microbiológico

El análisis microbiológico se basó conforme a la norma NTC 1363, que establece los requisitos microbiológicos para “productos de molinería”, específicamente pan envasado (hojaldrado). Dichos requisitos incluyen el recuento de bacterias aerobias mesófilas, mohos y levaduras, *Staphylococcus aureus* coagulasa positiva, *Bacillus cereus* y la detección de *Salmonella spp.* (Ver tabla 3). El análisis se realizó únicamente en las muestras almacenadas a 25 °C.

Durante los seis tiempos de almacenamiento se efectuaron mediciones de aerobios mesófilos, así como recuentos de mohos y levaduras, *Staphylococcus aureus* coagulasa positiva y *Bacillus cereus* tanto para las muestras con conservante como para las que no lo contenían. La *detección de Salmonella spp.*, se realizó en el tiempo inicial de almacenamiento y final.

Los análisis fueron realizados por un laboratorio externo certificado ubicado en la ciudad de Cali. La empresa objeto de estudio asumió los costos del servicio, con el fin de validar la seguridad microbiológica del alimento y complementar el estudio, cuyo enfoque principal era el análisis fisicoquímico.

Tabla 3. Requisitos microbiológicos exigidos por la norma NTC 1363

Requisitos microbiológicos	Límite por g			
	n	C	m	M
Recuento de bacterias aerobias mesófilas, en UFC/g	5	2	5 000	10 000
Recuento de mohos y levaduras, en UFC/g	5	2	100	200
Recuento de <i>Staphylococcus aureus</i> coagulasa positiva, en UFC/g	5	0	<100	-
Detección de <i>Salmonella</i> spp. UFC/25g	5	0	Ausencia	-
Recuento de <i>Bacillus cereus</i> , en UFC/g	5	2	10	100

Donde:

n= Tamaño de la muestra

m= Índice máximo permisible para identificar el nivel de buena calidad

M= Índice máximo permisible para identificar el nivel aceptable de calidad

c= Número máximo de muestras permisibles entre m y M

7.7 Análisis sensorial

Consideraciones éticas:

Dado que este proyecto de grado involucra la participación de personas en el contexto de una actividad de investigación, todas las acciones relacionadas con el análisis sensorial dirigido a consumidores se llevaron a cabo conforme a las pautas éticas nacionales e

internacionales. En particular, se cumplió con lo establecido en la Resolución 008430 del 4 de octubre de 1993 del Ministerio de Salud de Colombia y en la Declaración de Helsinki de 1964.

Para los procesos de recolección de información y participación, se solicitó a los voluntarios la firma del consentimiento informado. Debido a que el análisis sensorial de alimentos implicaba la participación directa de personas, se requirió la aprobación de un Comité de Ética. Así, una vez el proyecto fue avalado por la Escuela de Ingeniería de Alimentos, se diligenciaron los formatos correspondientes y se solicitó formalmente la aprobación ante el Comité de Ética de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Valle. El código de aprobación asignado por dicho comité fue 05-2024.

Determinación de la concentración de conservante: De acuerdo con las pruebas preliminares realizadas se tuvo en cuenta el límite máximo permitido para los conservantes utilizados, de esta manera se ensayará y se determinó por medio de un grupo focal de 7 consumidores que no haya presencia de sabores extraños en el producto que se someterá a almacenamiento. Se realizó por medio de entrevista de tal manera que la persona se sienta en libertad de expresar su opinión respecto a las características sensoriales del producto sin conservante y con conservante, las muestras serán presentadas de manera monádica. La metodología para la evaluación sensorial seguirá los parámetros establecidos en la GTC 165 (ICONTEC, 2014).

Evaluación de la muestra durante el almacenamiento: Las muestras del producto Empanaditas Dulces con conservante y sin conservante, se almacenaron regresivamente en la cámara ambiental a temperatura 25°C y 75% humedad relativa, es decir que 27 días antes de la prueba se empezaron a almacenar las muestras siguiendo las frecuencias del análisis fisicoquímico 27, 23, 19, 15, 7, y 1 día antes de la prueba de análisis sensorial con consumidores.

Se desarrolló un test de aceptación con 60 personas, la estructura de las escalas se realizará teniendo en cuenta la NTC 5328. Los consumidores evaluaron las muestras en cuanto a aceptación global, apariencia, olor y textura en mano, siguiendo una escala hedónica de 9 puntos (9 = me gusta extremadamente, 1 = me disgusta extremadamente).

La evaluación por parte de consumidores se realizó en dos jornadas (mañana y tarde) en el laboratorio de análisis sensorial Edificio E29, donde por medio de una campaña promocional con la comunidad Universitaria, se invitó a hacer parte del proceso académico como se describe en la imagen 2.



Imagen 2. Pieza publicitaria de invitación a prueba sensorial

Con un total de 60 asistentes por cada jornada, cada consumidor diligenció el consentimiento informado para evaluar la percepción sensorial de las Empanaditas Dulces (Ver anexo 2) donde se especifica el propósito de la actividad, la confidencialidad de los datos obtenidos, además de ingrediente y posibles alérgenos del alimento a degustar.

Para cada franja horaria, al laboratorio se ingresaron bloques de 10 personas, cada consumidor se ubicó en un cubículo individual el cual disponía de un código QR, que dirigía al formulario de preguntas dispuesto para cada jornada, el conjunto de muestras (simultáneamente) en recipiente idénticos codificadas aleatoriamente y un vaso con agua (Ver imagen 3).



Imagen 3. Cubículo con muestras codificadas aleatoriamente

Para identificar las muestras y garantizar orden y aleatoriedad durante el desarrollo de la prueba, se empleó una codificación de tres dígitos que permitió identificar las muestras entre los tratamientos con conservante y sin conservante.

Previo al inicio de cada prueba, a cada bloque se le proporcionaron unas instrucciones de cómo diligenciar el formulario, la explicación de la escala a emplear (escala hedónica de 9 puntos) y la recomendación de beber agua entre cada muestra (Ver imagen 4). Cada consumidor evaluó 6 muestras sometidas a un mismo tratamiento (con conservante o sin conservante).



Imagen 4. Explicación previa al inicio de la prueba

7.8 Determinación de vida útil

La metodología para determinar la vida útil de la empanadita a 25°C se realizó teniendo en cuenta las recomendaciones establecidas en la GCT 328 (ICONTEC, 2021).

Para la estimación de la vida útil del alimento Empanaditas dulces, se empleó el Método de Prueba de Vida Útil Acelerada Multivariada (MASLT, por sus siglas en inglés). Esta metodología se basa en la compresión del espacio generado por las variables originales mediante Análisis de Componentes Principales (PCA), utilizando los puntajes (scores) obtenidos como propiedades representativas para evaluar el deterioro del producto en función del tiempo y las condiciones de almacenamiento (Pedro & Ferreira, 2006). La ventaja de esta metodología, es que no se limita a escoger una sola variable crítica, sino que se pueden incluir todas las variables de respuesta que se consideren adecuadas de acuerdo con los resultados obtenidos en la estabilidad.

7.8 Procesamiento de datos

Los análisis estadísticos de datos se realizaron con el software Minitab Statistical, en él se llevaron a cabo pruebas de normalidad en el comportamiento de los mismos. Se empleó para determinar el efecto de la temperatura sobre propiedades fisicoquímicas de Empanaditas Dulces con y sin conservante durante el almacenamiento, para determinar el efecto del conservante sobre las propiedades fisicoquímicas de Empanaditas Dulces con y sin conservante a 25°C aplicando la prueba ANOVA con un nivel de confianza del 95% evaluado por análisis de comparación de medias de Tukey ($p < 0,05$). Prueba de Mann-Whitney para comparación por día de almacenamiento para las muestras con y sin conservante.

El análisis estadístico de la información se realizó usando el software Minitab Statistical. El objetivo de la prueba fue determinar los cambios texturales, de olor y de apariencia que ocurren durante el almacenamiento de las Empanaditas Dulces a 25°C. La evaluación sensorial se realizó teniendo en cuenta la metodología establecida en la GTC 289 y 292 (ICONTEC, 2018).

8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

8.1 PRUEBAS PRELIMINARES PARA SELECCIÓN DE CONSERVANTE

8.1.1 Evaluación sensorial de 4 conservantes usando un grupo focal de consumidores

Para la selección del uso de un conservante para adicionar al producto Empanaditas Dulces, se realizaron pruebas preliminares que permitieron a los investigadores tomar la decisión de cuál de las opciones de conservantes usar entre ellas ácido sórbico, benzoato de sodio, propionato de calcio y Galimax Flavor. A continuación, se relacionan los resultados obtenidos con base en un grupo focal con el objetivo de generar los descriptores que perciben al consumir el producto Empanaditas Dulces y así seleccionar dos de ellos que no tuvieran presencia de sabores extraños para su almacenamiento.

La escogencia de los 7 participantes se realizó de acuerdo al criterio de consumidores de snacks y se tomaron los apuntes de las observaciones textuales de cada participante.

Se logra evidenciar que uno de los participantes que degustó la muestra que contenía benzoato de sodio, como se describe en la figura 1.B encuentra un sabor “desagradable”, además en la textura se identifican cuatro descriptores como lo son arenosa, dura, crujiente y seca, siendo dura y seca características que no se desearían en el producto Empanaditas Dulces. Para la muestra con adición de propionato de calcio representada en la Figura 2.D, en cuanto a la textura se destaca que es “dura”, que como ya se había hecho mención, no es un atributo que se desea en el producto.

Adicionalmente, a los atributos sensoriales que se perciben con el uso de dichos conservantes, es importante identificar si alguno de estos se encuentra catalogado como riesgosos para la salud, por lo que Velázquez et al (2020), en su investigación *Reacciones de hipersensibilidad a aditivos alimentarios*, indica que las reacciones de hipersensibilidad

a benzoatos han ocasionado desde granulomatosis orofacial, urticaria crónica y hasta asma bronquial. Como se indicó anteriormente, la muestra con benzoato de sodio no se destaca entre las demás, sumado a las posibles afectaciones que puede ocasionar a la salud, por lo que se descarta su uso.

Según las características descritas, los dos conservantes que resaltan con mejores resultados sensoriales preliminares son el ácido sórbico y Galimax Flavor, es por ellos que las muestras que contienen estos dos conservantes son sometidas a unas pruebas fisicoquímicas como la actividad de agua, color, contenidos de humedad y pH que permiten caracterizar las muestras, adicionalmente brindar elementos que permitan escoger el uso de un solo conservante.

La determinación del conservante adecuado para las Empanaditas Dulces se llevó a cabo mediante el muestreo de dos formulaciones con los conservantes de mayor aceptación durante la prueba sensorial al grupo focal. Se realizó un análisis fisicoquímico y sensorial 5 días después de fabricar ambas muestras el 22 de febrero del 2024 con las mismas condiciones de producción. En la Figura 1 y 2 se muestran los resultados obtenidos.

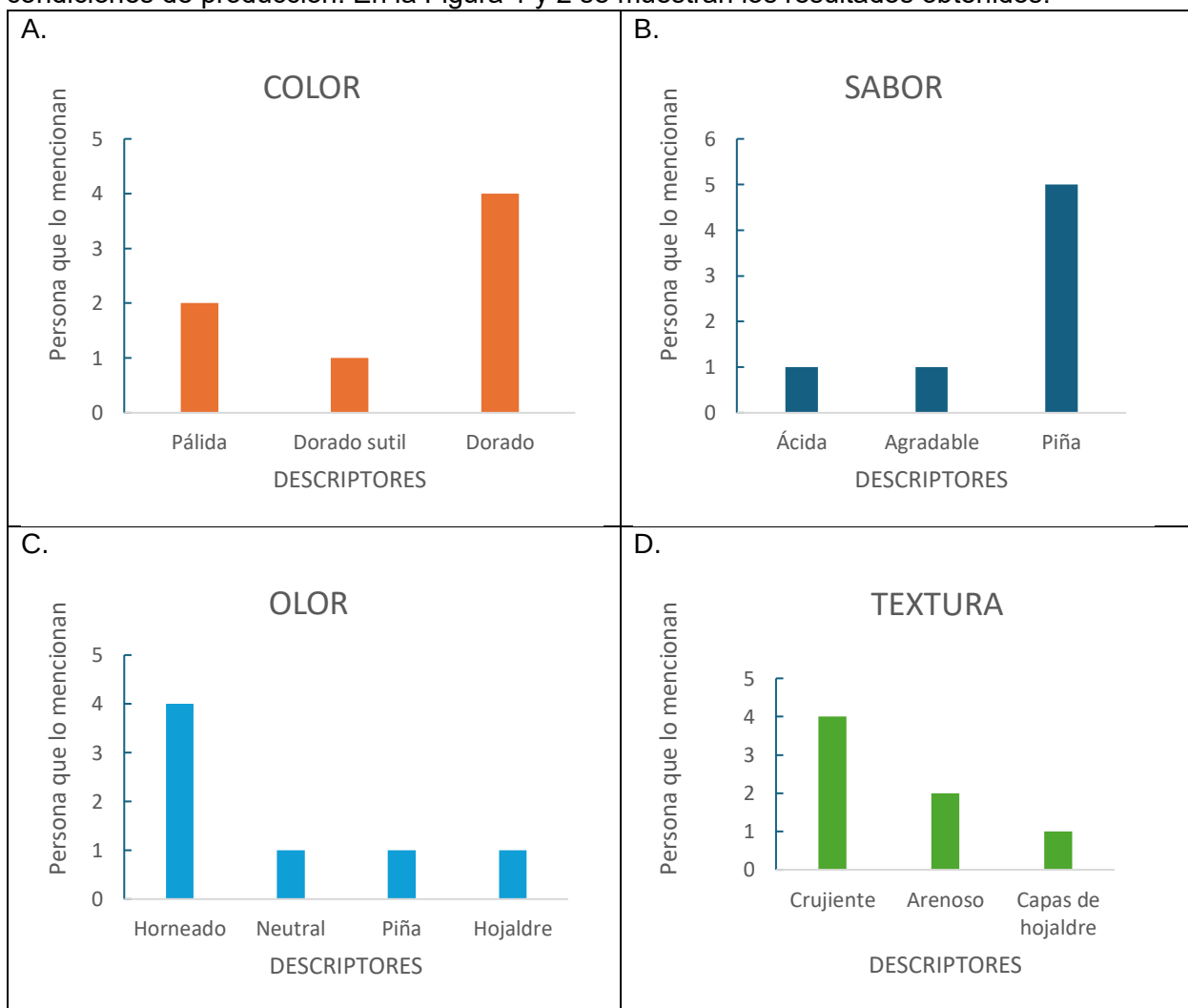


Figura 1. Atributos sensoriales de Empanaditas Dulces con conservante ácido sórbico evaluadas por un grupo focal n=7. A. color. B.sabor. C. Olor. D Textura.

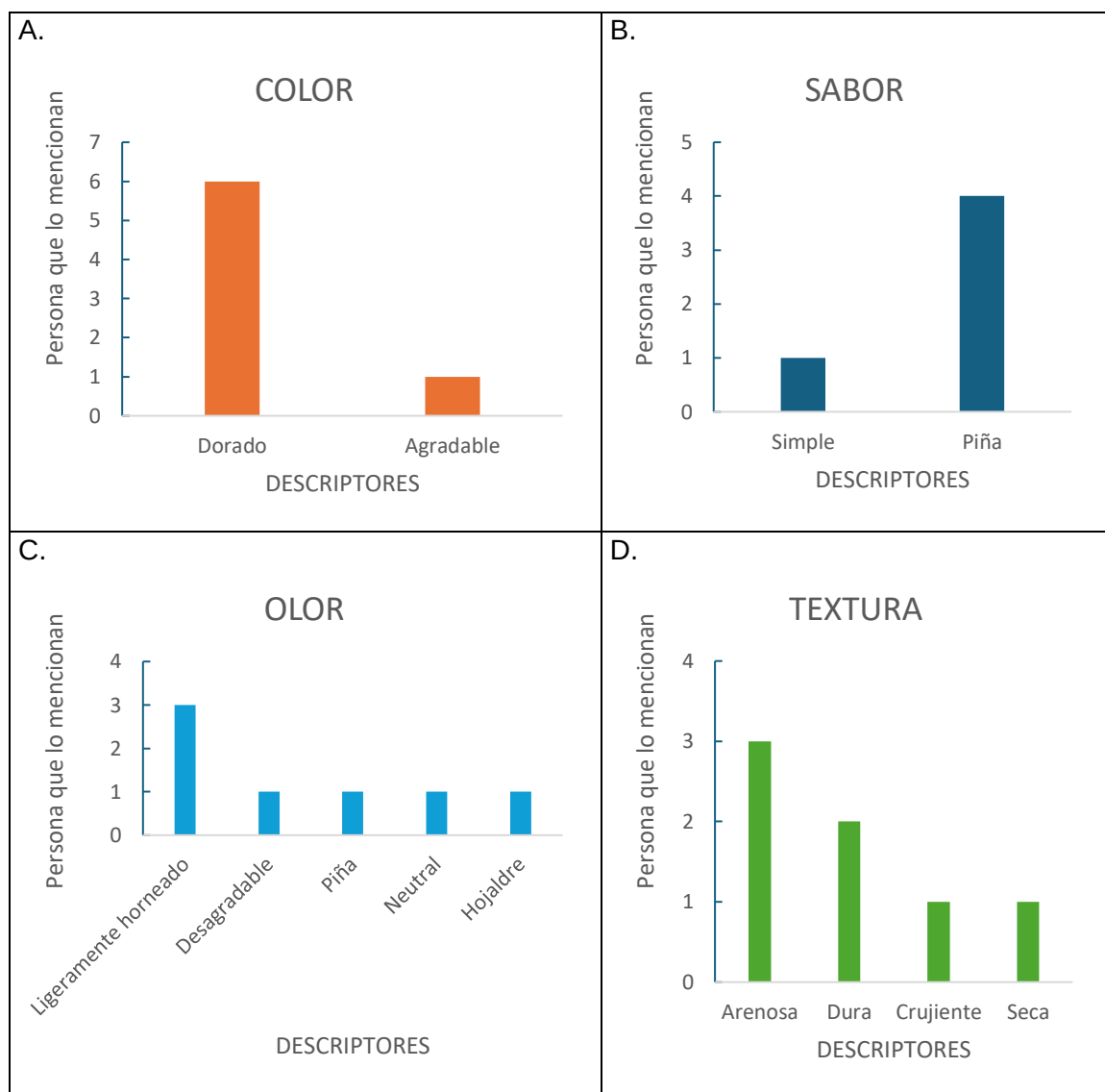


Figura 2. Atributos sensoriales de Empanaditas Dulces con conservante benzoato de sodio

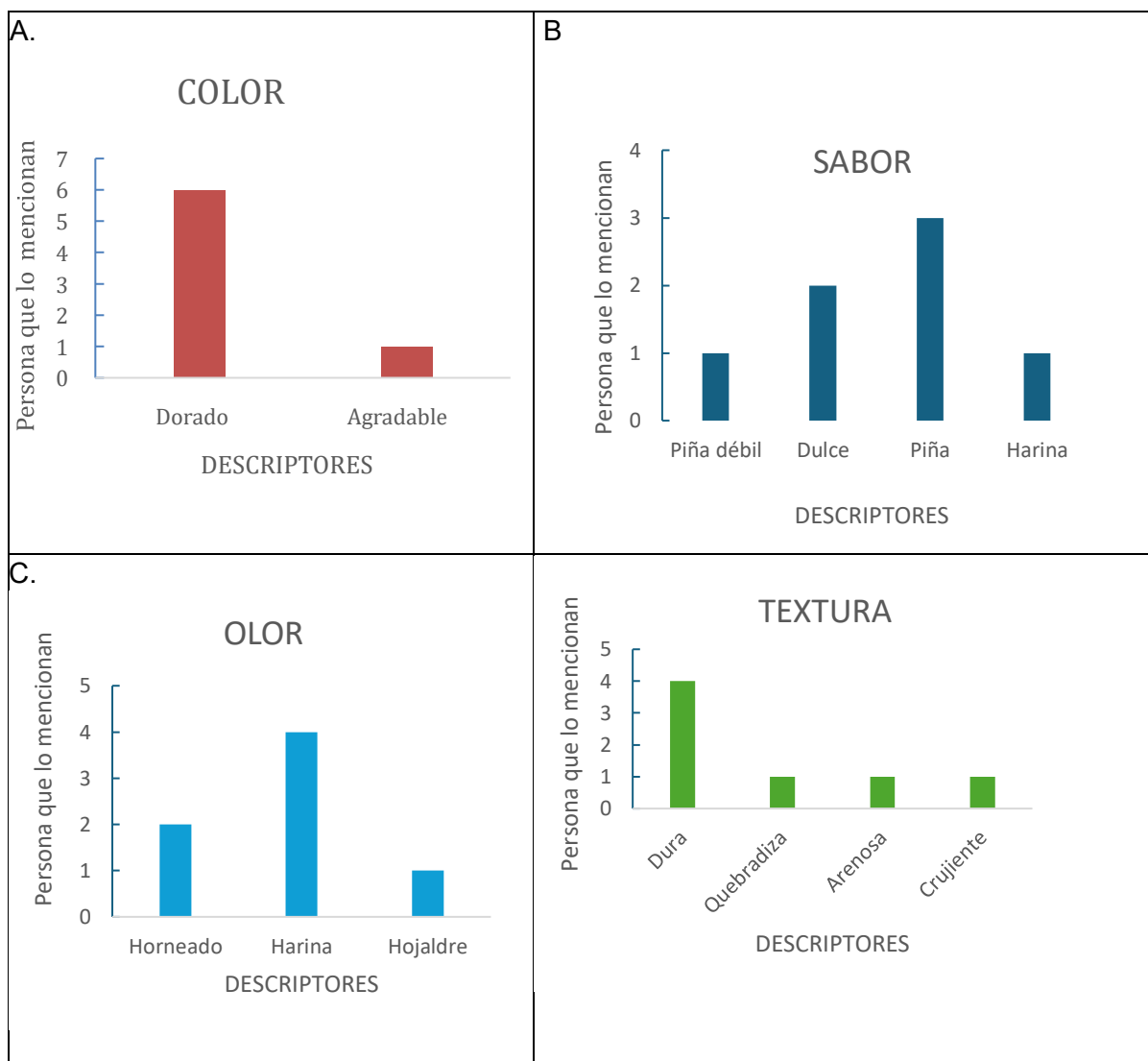


Figura 3. Atributos sensoriales de Empanaditas Dulces con conservante propionato de calcio evaluadas por un grupo focal n=7. A. color. B.sabor. C. Olor. D .Textura.

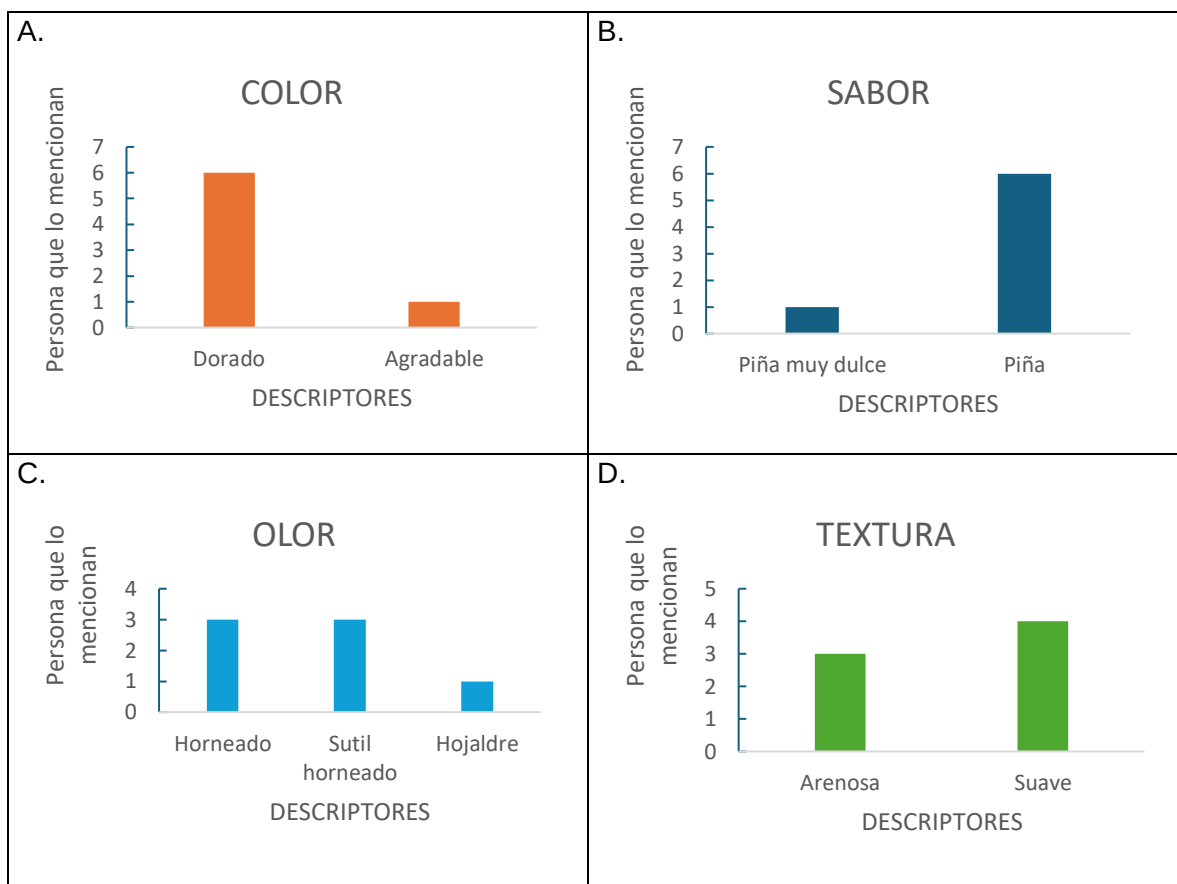


Figura 4. Atributos sensoriales de Empanaditas Dulces con conservante Galimax flavor evaluadas por un grupo focal n=7. A. color. B.sabor. C. Olor. D .Textura.

8.1.2 Análisis fisicoquímico de los 2 conservantes preseleccionados

A continuación, se presenta en la tabla 4 el promedio de resultados fisicoquímicos de las pruebas preliminares para las muestras con Galimax Flavor y ácido sórbico:

Tabla 4. Promedio de resultados para muestras con conservantes

Conservante	COLOR			pH		a _w		Humedad
	L	a	b	Mermelada	Masa	Mermelada	Masa	
Galimax Flavor	43,6±1,35	6,86±0,30	28,86±0,34	4,47±0,77	5,43±0,13	0,633±0,011	0,610±0,003	10,685±0,181
Ac. Sórbico	46,02±1,90	5,41±0,41	26,88±0,39	4,15±0,49	5,07±0,07	0,574±0,008	0,565±0,003	8,664±0,083

8.1.3 Evaluación sensorial de los 2 conservantes preseleccionados usando un grupo focal de consumidores

Para el análisis sensorial se presenta un cuadro comparativo (tabla 5) en donde se describen algunas características sensoriales que se determinaron el día de fabricación y después de 5 días de almacenamiento:

Tabla 5. Características comparativas entre conservantes

Característica	Galimax Flavor	Ácido Sórbico
Textura	Suave con sensación grasa durante el amasado, después de horneo textura crocante	Suave durante el amasado, textura crocante después de horneo
Color	Amarillo crema, se opaca al cabo de los días en almacenamiento	Amarillo crema, el color se mantiene durante el almacenamiento
Aroma	Horneado y piña, con el almacenamiento aparece un aroma a grasa y disminuye el olor a piña y aparece un olor a vinagre	Horneado y piña, se logra percibir un aroma ácido, el sabor a piña permanece durante el almacenamiento
Apariencia general	Disminución en la intensidad del sabor y cambios en la apariencia con respecto a los días de almacenamiento	Apariencia y sabor se conservan por más tiempo sin residuales a grasa

De acuerdo con las pruebas fisicoquímicas y sensoriales de las cuales se muestra el resultado anteriormente, se definió el ácido sórbico como el conservante adecuado para implementar en la formulación de las Empanaditas Dulces, de acuerdo a los aspectos favorables que aporta durante la producción y almacenamiento de las mismas, siendo estas características convenientes para el fabricante y para el desarrollo del estudio respecto a la Empanadita Dulce sin conservante en su formulación.

8.2 ANÁLISIS DEL EFECTO DE LA TEMPERATURA SOBRE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS

8.1 Resultados fisicoquímicos de Empanaditas dulces sin conservantes almacenadas a tres temperaturas

Con el objetivo de determinar el efecto de la temperatura sobre propiedades fisicoquímicas de Empanaditas Dulces sin conservante durante el almacenamiento, se aplicó la prueba ANOVA con un nivel de confianza del 95% evaluado por análisis de comparación de medias de Tukey ($p < 0,05$). En la tabla 6 se presentan las comparaciones para cada variable de respuesta (Fuerza de fractura, contenido de humedad (CH), actividad de agua (a_w) de la masa y de la mermelada y variación total de color(ΔE):

Tabla 6. Resultados de variables fisicoquímicas durante el almacenamiento de Empanaditas Dulces sin conservante

Variables	Temp. (°C)	DIA 1	DIA 7	DIA 15	DIA 19	DIA 23	DIA 27
Fuerza de Fractura (N)	15	4,665 $\pm$ 0,41 ^{A,B}	4,864 $\pm$ 0,157 ^A	4,745 $\pm$ 0,742 ^{A,B}	4,093 $\pm$ 0,249 ^{A,B,C}	3,985 $\pm$ 0,202 ^{A,B,C}	4,337 $\pm$ 0,202 ^{A,B,C}
	25	4,665 $\pm$ 0,41 ^{A,B}	4,912 $\pm$ 0,185 ^A	4,723 $\pm$ 0,332 ^{A,B}	4,605 $\pm$ 0,417 ^{A,B}	3,453 $\pm$ 0,294 ^{B,C}	4,917 $\pm$ 0,562 ^A
	35	4,665 $\pm$ 0,41 ^{A,B}	4,561 $\pm$ 0,185 ^{A,B}	4,543 $\pm$ 0,289 ^{A,B}	3,982 $\pm$ 0,396 ^{A,B,C}	4,395 $\pm$ 0,566 ^{A,B,C}	3,183 $\pm$ 0,539 ^C
CH (%)	15	12,500 $\pm$ 0,486 ^B	12,584 $\pm$ 0,446 ^B	11,659 $\pm$ 0,540 ^{B,C,D}	6,831 $\pm$ 0,511 ^G	8,307 $\pm$ 0,364 ^{F,G}	12,452 $\pm$ 0,434 ^{B,C,D}
	25	12,500 $\pm$ 0,486 ^B	13,124 $\pm$ 0,615 ^{A,B}	14,843 $\pm$ 0,777 ^A	10,292 $\pm$ 0,596 ^{D,E,F}	8,908 $\pm$ 0,725 ^{E,F}	12,678 $\pm$ 0,408 ^B
	35	12,500 $\pm$ 0,486 ^B	11,942 $\pm$ 1,672 ^{B,C,D}	12,899 $\pm$ 0,581 ^{A,B}	10,418 $\pm$ 0,317 ^{C,D,E}	9,342 $\pm$ 0,466 ^{E,F}	12,640 $\pm$ 0,874 ^B
a_w Masa	15	0,447 $\pm$ 0,008 ^H	0,643 $\pm$ 0,007 ^C	0,607 $\pm$ 0,003 ^{D,E,F}	0,559 $\pm$ 0,002 ^G	0,592 $\pm$ 0,008 ^F	0,601 $\pm$ 0,006 ^{E,F}
	25	0,447 $\pm$ 0,008 ^H	0,719 $\pm$ 0,011 ^A	0,674 $\pm$ 0,001 ^B	0,627 $\pm$ 0,006 ^{C,D}	0,617 $\pm$ 0,003 ^{D,E}	0,604 $\pm$ 0,013 ^{E,F}
	35	0,447 $\pm$ 0,008 ^H	0,604 $\pm$ 0,007 ^{E,F}	0,626 $\pm$ 0,002 ^{C,D}	0,616 $\pm$ 0,002 ^{D,E}	0,568 $\pm$ 0,01 ^G	0,610 $\pm$ 0,001 ^{D,E,F}
a_w Mermelada	15	0,526 $\pm$ 0,008 ^H	0,619 $\pm$ 0,009 ^F	0,608 $\pm$ 0,010 ^F	0,571 $\pm$ 0 ^G	0,667 $\pm$ 0,003 ^{C,D}	0,623 $\pm$ 0,003 ^F
	25	0,526 $\pm$ 0,008 ^H	0,733 $\pm$ 0,01 ^A	0,688 $\pm$ 0,008 ^{B,C}	0,648 $\pm$ 0,014 ^{D,E}	0,706 $\pm$ 0,001 ^B	0,619 $\pm$ 0,007 ^F
	35	0,526 $\pm$ 0,008 ^H	0,605 $\pm$ 0,011 ^F	0,654 $\pm$ 0,004 ^D	0,650 $\pm$ 0,008 ^D	0,666 $\pm$ 0,004 ^{C,D}	0,625 $\pm$ 0,005 ^{E,F}
ΔE	15	0 $\pm$ 0 ^C	3,572 $\pm$ 1,395 ^{A,B,C}	3,154 $\pm$ 1,206 ^{A,B,C}	2,538 $\pm$ 1,019 ^{B,C}	4,295 $\pm$ 1,616 ^{A,B,C}	3,527 $\pm$ 1,402 ^{A,B,C}
	25	0 $\pm$ 0 ^C	2,693 $\pm$ 0,874 ^{A,B,C}	1,820 $\pm$ 0,294 ^{B,C}	3,705 $\pm$ 1,461 ^{A,B,C}	2,342 $\pm$ 2,393 ^{B,C}	7,700 $\pm$ 1,576 ^A
	35	0 $\pm$ 0 ^C	5,157 $\pm$ 4,754 ^{A,B}	2,692 $\pm$ 2,196 ^{A,B,C}	2,513 $\pm$ 0,675 ^{B,C}	3,123 $\pm$ 0,497 ^{A,B,C}	2,927 $\pm$ 1,523 ^{A,B,C}

Letras diferentes dentro de una misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las temperaturas de almacenamiento para un mismo tiempo y una misma variable de respuesta, según la prueba de Tukey.

La figura 5.A indica el comportamiento entre la fuerza de fractura y la relación temperatura-tiempo para cada tratamiento. Se observa que las Empanaditas Dulces almacenadas a 25°C durante 27 días presentan el mayor esfuerzo de fractura ($4,917 \pm 0,562$) N en comparación con los demás tratamientos, sin embargo, no presenta diferencia significativa con el esfuerzo de fractura del primer día ($4,665 \pm 0,410$) N. Por otro lado, las muestras almacenadas a 35°C durante 27 días, muestran el menor esfuerzo de fractura ($3,183 \pm 0,539$) N, con diferencias significativas entre las dos temperaturas al día 27. Estadísticamente se evidencia que la temperatura y el tiempo de almacenamiento afectan de manera significativa (Valor $p < 0,05$).

De acuerdo con los datos fisicoquímicos, se observó un reblandecimiento de la capa externa de la empanadita, lo cual provocó una disminución en el esfuerzo necesario para fracturarla. Este fenómeno puede atribuirse a la diferencia de humedad entre el centro y la corteza, lo que generó una migración de agua hacia la superficie. Esta redistribución interna de humedad está relacionada directamente con el incremento de la temperatura, ya que durante todo el almacenamiento el producto permaneció en un envase de PET metalizado, material poco permeable al vapor de agua, que sirvió como barrera efectiva frente al ambiente externo. El entorno se mantuvo a una humedad relativa constante del 75 %, por lo que no se observó intercambio significativo de humedad con el medio externo (Azzollini et al., 2023; Wang et al., 2021). Asimismo, la retrogradación del almidón se consideró poco probable, ya que las altas temperaturas ($\geq 35^\circ\text{C}$) favorecen el mantenimiento del almidón en un estado amorfo o poco cristalino, y la alta humedad interna, junto con la presencia de azúcares de la mermelada, actúan como inhibidores del proceso de recristalización de amilosa y amilopectina (Jia et al., 2023). Ninguna de las muestras mostró signos de deterioro estructural atribuible a retrogradación, dado que este fenómeno se ve favorecido en condiciones de baja temperatura ($0\text{--}10^\circ\text{C}$) y baja actividad de agua (Kovács et al., 2022), las cuales no estuvieron presentes, ya que la temperatura mínima de almacenamiento fue de 15°C y la humedad relativa se mantuvo en 75 % para todas las condiciones. Sin embargo, para conocer con certeza si esta afirmación es correcta deberían hacerse mediciones relacionadas con la retrogradación que no fueron contempladas en el alcance de este trabajo.

En la figura 5.B se observan los cambios de contenido de humedad en las Empanaditas Dulces durante el almacenamiento, con un valor inicial de $(12,50 \pm 0,49)\%$, que posteriormente presenta fluctuaciones a lo largo de los días. Se alcanza un valor mínimo a una temperatura de 15°C , tras 19 días de almacenamiento ($6,83 \pm 0,51$)% y un valor máximo a 25°C de $(14,84 \pm 0,78)\%$ durante 15 días de almacenamiento. No obstante, el contenido de humedad para los tres tratamientos ($15,25$ y 35°C) al día 27 de almacenamiento, no presentan diferencia significativa entre ellos y con respecto al contenido de humedad del día 1 mermelada (Valor $p < 0,05$), como se evidencia en la tabla 6.

La Empanadita Dulce con relleno de mermelada de piña presenta una compleja interacción entre sus componentes, lo que influye significativamente en los cambios de humedad durante el almacenamiento. Entre los componentes de la masa está harina de trigo, margarina, agua, ácido sórbico y sal y la mermelada está compuesta por piña, azúcar, ácido

cítrico y pectina. La harina de trigo, rica en almidón, actúa como agente absorbente, retiene humedad en la miga, mientras que la margarina contribuye a reducir la migración de agua por su contenido graso y formación de una matriz hidrofóbica (Wang et al., 2021). Por su parte, la mermelada de piña, con alto contenido de azúcares y agua, tiene una alta actividad de agua (a_w), lo que genera un gradiente de humedad que puede favorecer la migración de agua desde el relleno hacia la corteza con el tiempo, afectando la textura y favoreciendo el reblandecimiento de la superficie (Azzollini et al., 2023) sin embargo al contener pectina esta forma una red gelificada con el azúcar y el ácido, lo que le confiere una alta capacidad de retención de agua estructural, reduciendo su movilidad interna (Zhou et al., 2016).

Durante el almacenamiento, este comportamiento se ve mediado por el uso de un empaque PET metalizado, el cual actúa como una barrera efectiva contra el vapor de agua, limitando el intercambio de humedad con el ambiente (Liu et al., 2024). Esto resulta esencial, ya que una humedad ambiental del 75 % puede condicionar tanto la pérdida como la ganancia de humedad si el envase no es suficientemente hermético. Sin embargo, en estudios similares se han reportado comportamientos opuestos en productos con otros materiales de envase (como polietileno de baja densidad), donde la migración de humedad y el deterioro por reblandecimiento fueron más marcados (Jia et al., 2023).

En paralelo, durante el almacenamiento, continúan lentamente las reacciones de Maillard, especialmente en presencia de azúcares reductores, proteínas y temperaturas moderadamente altas (20–35 °C). Estas reacciones afectan el color, sabor y aroma del alimento, y si bien requieren agua para su inicio, se aceleran en condiciones de baja a intermedia actividad de agua (0.3–0.7) y son más lentas en medios completamente secos o muy húmedos (Kovács et al., 2022). Por tanto, la evolución sensorial del producto puede deberse también a estos procesos químicos que siguen activos tras el horneado.

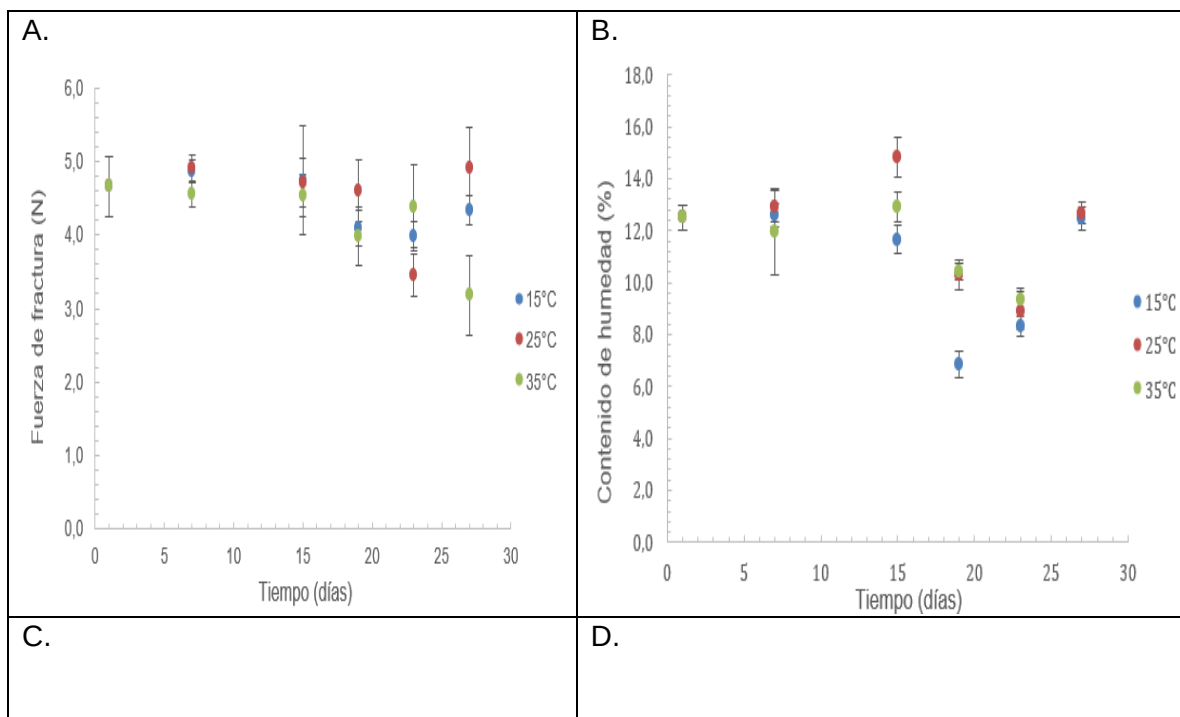
En la figura 5.C se muestran las variaciones de la actividad de agua (a_w) del relleno de mermelada en las Empanaditas Dulces sin conservante durante el almacenamiento a tres temperaturas distintas (15 °C, 25 °C y 35 °C). Inicialmente, la a_w fue de $0,5253 \pm 0,0078$. A partir del día 7, se observa un incremento significativo de la a_w en todos los tratamientos, especialmente en la muestra almacenada a 25 °C, la cual alcanzó un valor máximo de $0,7327 \pm 0,0101$. Ruiz & Segura (2019), desarrollaron una mermelada de piña-nopal formulado con extracto acuoso de estevia, para la mermelada con adición de sacarosa obtuvieron valores de actividad de agua entre 0,923 durante el día 1 de medición y hasta 0,938 al día 20 de almacenamiento.

Por su parte, el tratamiento a 15 °C mostró un comportamiento más estable, manteniéndose entre 0,525 y 0,570 durante los 27 días, mientras que a 35 °C se evidenciaron fluctuaciones con un incremento general entre el día 1 y el día 23, seguido de una leve disminución hacia el final del periodo. A pesar de que el contenido de humedad del producto se mantuvo constante en los análisis realizados, el incremento en la actividad de agua puede explicarse por la redistribución interna de la humedad, posiblemente favorecida por la gelatinización parcial de almidones residuales, la migración de agua ligada a lípidos o proteínas hacia formas más disponibles, y/o la ruptura de estructuras que contenían agua inmovilizada en la matriz del producto.

En la figura 5.D se observa el comportamiento de la actividad de agua en la masa de las Empanaditas Dulces sin conservante, el valor inicial fue de $0,4474 \pm 0,0077$. Posteriormente

la actividad de agua aumentó con respecto al días 1 para todos los tratamientos alcanzando la mayor actividad de agua a 25°C al día 7 de almacenamiento ($0,7158 \pm 0,0112$). Por otra parte, se evidencia que la menor actividad de agua durante el almacenamiento se obtiene a una temperatura de 15°C y a 19 días de almacenamiento. ($0,5586 \pm 0,0024$). Según el análisis de varianza, la temperatura y el tiempo de almacenamiento presentaron un efecto en la actividad de agua de la masa (Valor $p < 0,05$), este efecto presentó un incremento marcado sobre los primeros 7 días, seguido de una estabilización o leve disminución.

En la figura 5.E se evidencia la variación total del color con un patrón dependiente de la temperatura y el tiempo. A 15 °C, los valores aumentaron gradualmente hasta el día 23 ($4,30 \pm 1,62$), con diferencias significativas ($p \leq 0,05$, prueba de Tukey) únicamente entre el día 23 y los días previos, evidenciando un cambio notable en esa etapa. A 25 °C, se observó el incremento más marcado, alcanzando $7,70 \pm 1,58$ en el día 27, momento en que la prueba de Tukey reveló diferencias significativas respecto a todos los días anteriores ($p \leq 0,05$), lo que indica una mayor sensibilidad del color ante almacenamiento a temperatura ambiente en el tiempo final. A 35 °C, a pesar de un valor inicial elevado ($5,16 \pm 4,75$ en día 7), únicamente se detectaron diferencias significativas entre los extremos (días 7 y 27) ($p \leq 0,05$), sugiriendo una estabilización posterior tras una fase inicial de variabilidad. Este comportamiento coincide con lo reportado por Ahmed y El Ashmawy (2017), quienes estudiaron frutas deshidratadas y hallaron que la variación del color sigue cinéticas no lineales, con tendencias de estabilización a lo largo del tiempo, y que la temperatura afecta directamente la velocidad de cambio colorimétrico en almacenamiento prolongado.



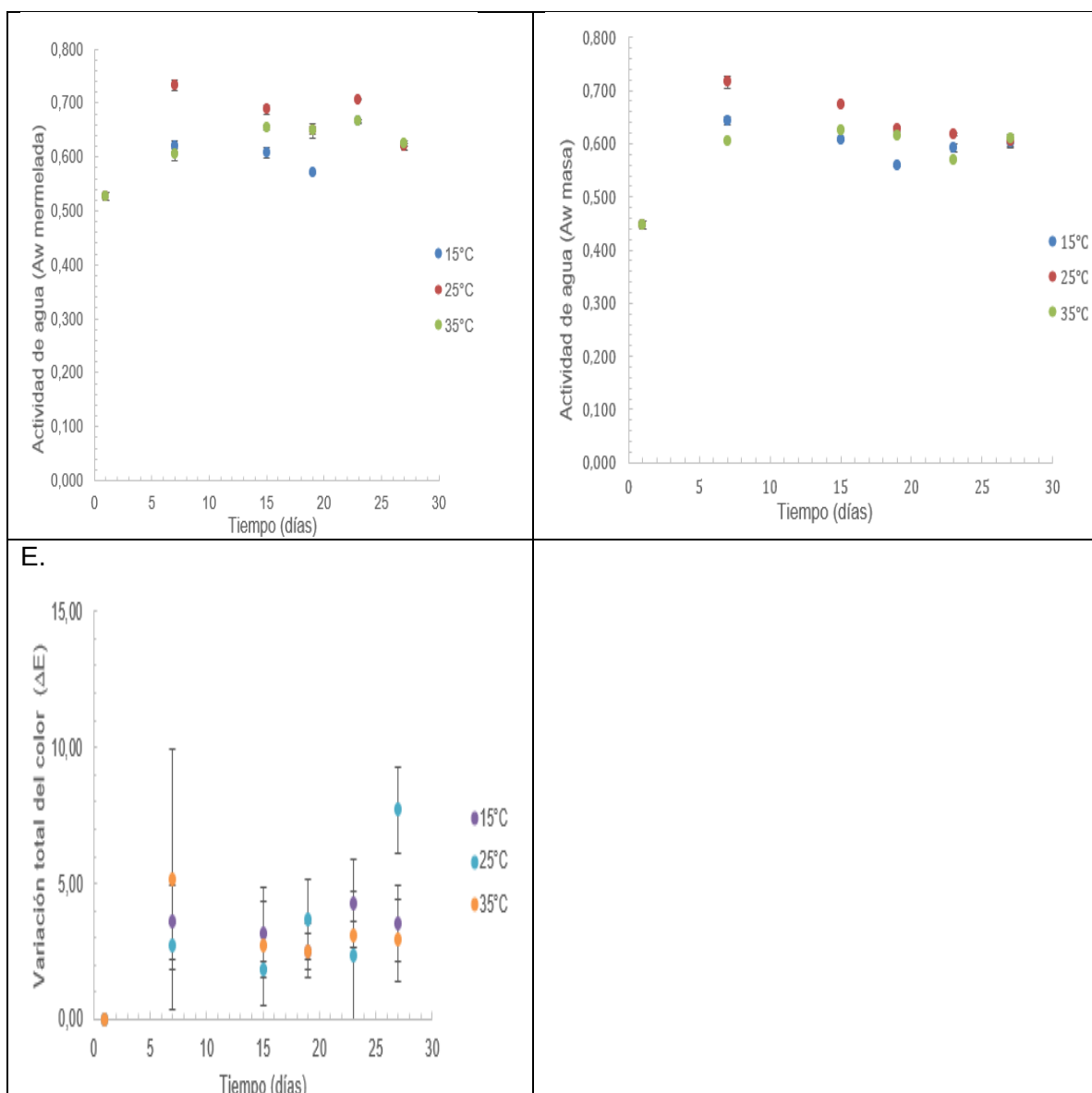


Figura 5. Resultados fisicoquímicos de Empanaditas Dulces sin conservantes en función del tiempo almacenadas a 15, 25 y 35°C. A) Fuerza de fractura. B) Contenido de humedad. C) Actividad de agua (aw mermelada). D) Actividad de agua (aw masa). E) Variación total del color (ΔE).

8.2 Resultados fisicoquímicos de Empanaditas Dulces con conservantes almacenadas a tres temperaturas

En la tabla 7 se presentan las comparaciones para cada variable de respuesta (Fuerza de fractura, contenido de humedad (CH), actividad de agua (a_w) de la masa y de la mermelada y variación total de color(ΔE).

Con el objetivo de determinar el efecto de la temperatura sobre propiedades fisicoquímicas de Empanaditas Dulces con conservante durante el almacenamiento, se aplicó la prueba ANOVA con un nivel de confianza del 95% evaluado por análisis de comparación de medias de Tukey ($p < 0,05$). En la tabla 7 se presentan las comparaciones para cada variable de respuesta (Fuerza de fractura, contenido de humedad (CH), actividad de agua (a_w) de la masa y de la mermelada y variación total de color(ΔE):

Tabla 7. Resultados de variables fisicoquímicas durante el almacenamiento con conservante

Variables	Temp. (°C)	DIA 1	DIA 7	DIA 15	DIA 19	DIA 23	DIA 27
Fuerza de Fractura (N)	15	4,285 $\pm$ 0,339 ^{A,B}	4,158 $\pm$ 0,157 ^{A,B}	4,662 $\pm$ 0,345 ^{A,B}	4,113 $\pm$ 0,291 ^{A,B}	4,553 $\pm$ 0,081 ^{A,B}	3,965 $\pm$ 0,081 ^{A,B}
	25	4,285 $\pm$ 0,339 ^{A,B}	4,737 $\pm$ 0,129 ^{A,B}	4,788 $\pm$ 0,671 ^{A,B}	4,325 $\pm$ 0,1 ^{A,B}	5,075 $\pm$ 0,565 ^A	3,792 $\pm$ 0,562 ^B
	35	4,285 $\pm$ 0,339 ^{A,B}	4,423 $\pm$ 0,232 ^{A,B}	4,302 $\pm$ 0,475 ^{A,B}	4,715 $\pm$ 0,411 ^{A,B}	3,958 $\pm$ 0,479 ^{A,B}	3,663 $\pm$ 0,584 ^B
CH (%)	15	15,43 $\pm$ 1,82 ^{A,B}	16,49 $\pm$ 2,13 ^A	15,27 $\pm$ 0,50 ^{A,B}	10,47 $\pm$ 0,46 ^{D,E}	10,10 $\pm$ 0,50 ^{D,E}	13,140 $\pm$ 0,74 ^{B,C,D}
	25	15,43 $\pm$ 1,82 ^{A,B}	15,956 $\pm$ 0,32 ^{A,B}	12,81 $\pm$ 0,28 ^{B,C,D}	10,11 $\pm$ 0,19 ^{D,E}	11,08 $\pm$ 0,46 ^{C,D,E}	16,01 $\pm$ 0,89 ^{A,B}
	35	15,43 $\pm$ 1,815 ^{A,B}	14,100 $\pm$ 1,366 ^{A,B,C}	13,83 $\pm$ 0,904 ^{A,B,C}	9,24 $\pm$ 0,189 ^E	10,49 $\pm$ 0,791 ^{D,E}	13,28 $\pm$ 0,259 ^{A,B,C,D}
a_w Masa	15	0,509 $\pm$ 0,002 ^I	0,717 $\pm$ 0,002 ^A	0,6786 $\pm$ 0,002 ^{B,C}	0,652 $\pm$ 0,019 ^{D,E,F}	0,629 $\pm$ 0,002 ^{F,G,H}	0,616 $\pm$ 0,004 ^{G,H}
	25	0,509 $\pm$ 0,002 ^I	0,679 $\pm$ 0,017 ^{B,C}	0,6508 $\pm$ 0,001 ^{D,E,F}	0,6242 $\pm$ 0,002 ^{G,H}	0,662 $\pm$ 0,002 ^{C,D,E}	0,686 $\pm$ 0,001 ^B
	35	0,509 $\pm$ 0,002 ^I	0,667 $\pm$ 0,012 ^{B,C,D}	0,6405 $\pm$ 0,001 ^{E,F,G}	0,608 $\pm$ 0,001 ^H	0,621 $\pm$ 0,006 ^{G,H}	0,657 $\pm$ 0,015 ^{C,D,E}
a_w Mermelada	15	0,572 $\pm$ 0,006 ^H	0,687 $\pm$ 0,011 ^{B,C}	0,6933 $\pm$ 0,006 ^{B,C}	0,660 $\pm$ 0,017 ^{E,F}	0,703 $\pm$ 0,004 ^B	0,640 $\pm$ 0,003 ^{F,G}
	25	0,572 $\pm$ 0,006 ^H	0,703 $\pm$ 0,006 ^B	0,6633 $\pm$ 0,002 ^{D,E}	0,6518 $\pm$ 0,001 ^{E,F,G}	0,752 $\pm$ 0,001 ^A	0,695 $\pm$ 0,002 ^B
	35	0,572 $\pm$ 0,006 ^H	0,672 $\pm$ 0,01 ^{C,D,E}	0,656 $\pm$ 0,007 ^{E,F}	0,633 $\pm$ 0,011 ^G	0,659 $\pm$ 0,002 ^{E,F}	0,684 $\pm$ 0,005 ^{B,C,D}
Delta color	15	0 $\pm$ 0 ^B	3,529 $\pm$ 1,744 ^A	2,0645 $\pm$ 1,635 ^{A,B}	2,122 $\pm$ 0,684 ^{A,B}	2,531 $\pm$ 1,98 ^{A,B}	3,119 $\pm$ 0,25 ^{A,B}
	25	0 $\pm$ 0 ^B	3,970 $\pm$ 1,232 ^A	1,8614 $\pm$ 0,956 ^{A,B}	3,668 $\pm$ 0,956 ^A	2,649 $\pm$ 2,009 ^{A,B}	3,801 $\pm$ 1,653 ^A
	35	0 $\pm$ 0 ^B	3,870 $\pm$ 0,997 ^A	4,0013 $\pm$ 0,544 ^A	3,326 $\pm$ 0,735 ^{A,B}	1,875 $\pm$ 0,709 ^{A,B}	3,003 $\pm$ 1,139 ^{A,B}

Letras diferentes dentro de una misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las temperaturas de almacenamiento para un mismo tiempo y una misma variable de respuesta, según la prueba de Tukey.

En la figura 6.A se observa que la fuerza de fractura de las Empanaditas con conservante osciló entre 3,7 y 5,1 N, lo que indica una firmeza moderadamente estable durante el periodo de almacenamiento. A 25 °C, el valor más alto se registró el día 23 ($5,1 \pm 0,6$ N), lo cual podría estar asociado a un leve proceso de retrogradación del almidón o a la migración interna de humedad que contribuyó a la reestructuración de la masa. No obstante, este valor presentó una diferencia significativa respecto al día 27, tanto a 25 °C como a 35 °C. Dicha diferencia se refleja en una disminución de la fuerza de fractura, siendo el valor más bajo a 35 °C ($3,7 \pm 0,6$ N), lo que sugiere un posible ablandamiento debido a la migración de agua o a una degradación estructural más pronunciada a temperaturas elevadas. Este comportamiento evidencia la interacción entre temperatura y tiempo de almacenamiento.

Por otra parte, como se muestra en la figura 6.B, el contenido de humedad presentó un valor inicial de $15,4 \pm 1,8$ %. Al séptimo día, los tratamientos a 15 °C y 25 °C mostraron un leve aumento (hasta $16,5 \pm 2,1$ % a 15 °C); sin embargo, estas variaciones no fueron significativamente diferentes respecto al valor inicial. Este incremento podría atribuirse al intercambio de humedad con la mermelada o a la absorción de humedad ambiental. Posteriormente, se observó una disminución significativa en el contenido de humedad hacia el día 19, con valores entre 10,1 % y 9,2 %, lo cual indica pérdida por evaporación o migración de agua hacia el entorno. Para el día 27, la muestra conservada a 25 °C presentó un incremento notable ($16,0 \pm 0,9$ %), lo que sugiere una posible reabsorción interna o redistribución de la humedad. Este mismo comportamiento también se evidenció en las muestras almacenadas a 15 °C y 35 °C.

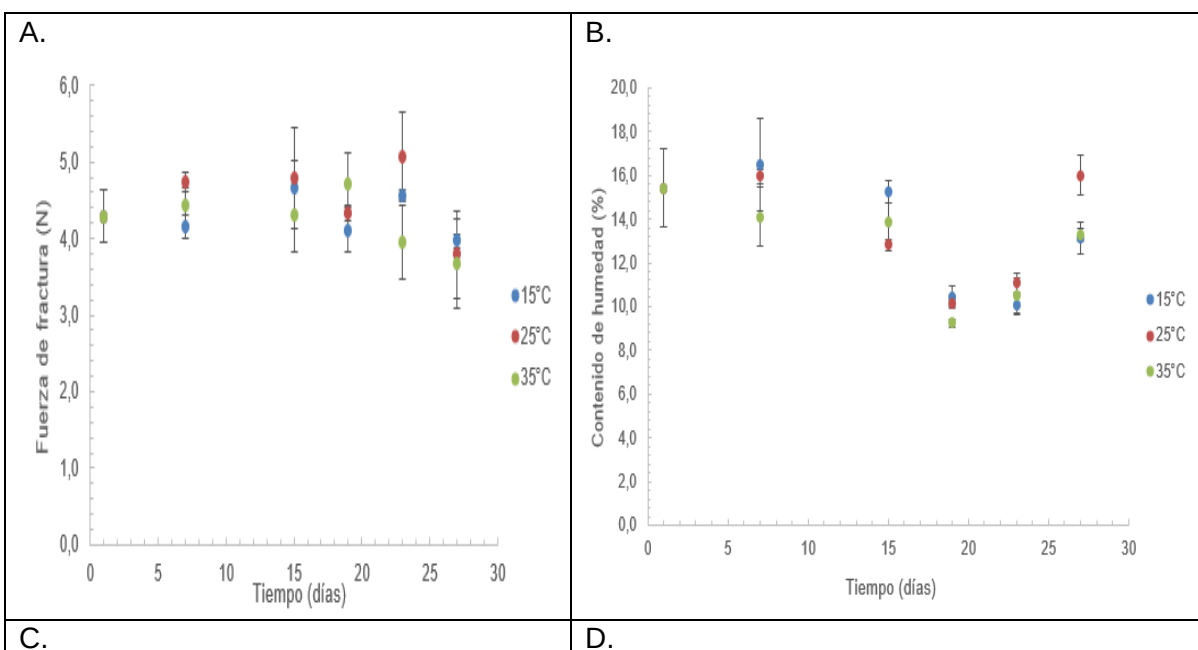
La actividad de agua en la mermelada, como se muestra en la figura 6.C, presentó un valor inicial de $0,572 \pm 0,006$. Durante los primeros 7 días de almacenamiento, se observó un incremento en todos los tratamientos. El valor máximo se registró a 25 °C el día 23 ($0,752 \pm 0,001$), siendo estadísticamente diferente ($p < 0,05$) respecto al resto de los tratamientos. Esta diferencia significativa sugiere un fenómeno de migración de agua desde la mermelada hacia la matriz externa, probablemente como resultado de gradientes de humedad internos y el comportamiento higroscópico del relleno. En este contexto, estudios como el de Tang et al. (2022) sobre fideos de arroz integral frescos almacenados en diferentes condiciones, evidencian cómo las diferencias de humedad entre componentes promueven una redistribución interna del agua, afectando significativamente la textura y estructura del producto final.

A partir del día 7, los valores tienden a estabilizarse o disminuir en la mayoría de los casos, lo que puede interpretarse como un proceso de redistribución interna o una pérdida de agua hacia el entorno por difusión, en búsqueda del equilibrio higrométrico. El análisis estadístico evidencia cómo la interacción entre temperatura y tiempo influye significativamente en la actividad de agua, siendo el tratamiento a 25 °C durante 23 días el que presentó una mayor capacidad de retención o absorción de humedad.

En cuanto a la actividad de agua en la masa (ver figura 6.D), se observó un incremento desde un valor inicial de $0,509 \pm 0,002$ hasta un máximo de $0,717 \pm 0,002$

al día 7, especialmente en el tratamiento a 15 °C. Este aumento inicial indica una probable absorción de humedad desde el relleno hacia la masa. Posteriormente, los valores disminuyeron de forma progresiva, lo cual puede atribuirse a una migración de agua hacia el exterior o a una redistribución interna. El comportamiento observado evidencia un efecto de la temperatura de almacenamiento, ya que influyó en la retención o pérdida de humedad. Al finalizar el periodo de estudio, las muestras almacenadas a 15 °C conservaron una actividad de agua más baja ($0,617 \pm 0,004$), en comparación con las almacenadas a 25 °C ($0,686 \pm 0,001$) y 35 °C ($0,657 \pm 0,015$), lo que sugiere que las temperaturas más elevadas favorecieron una mayor migración o pérdida de humedad desde la masa hacia el entorno.

En la figura 6.E se evidencia que la variación total del color (ΔE) del producto con conservante fue baja durante el almacenamiento. Los valores oscilaron entre 1,86 y 4,00, sin una tendencia clara de incremento o deterioro visual progresivo. Al día 27, las muestras almacenadas a 25 °C y 15 °C mostraron ΔE de $3,80 \pm 1,65$ y $3,12 \pm 0,25$, respectivamente, mientras que a 35 °C se obtuvo un ΔE de $3,00 \pm 1,14$, todos considerados cambios ligeros a moderados en color. Estos resultados sugieren que el conservante pudo haber contribuido a preservar el color, evitando reacciones de pardeamiento perceptibles.



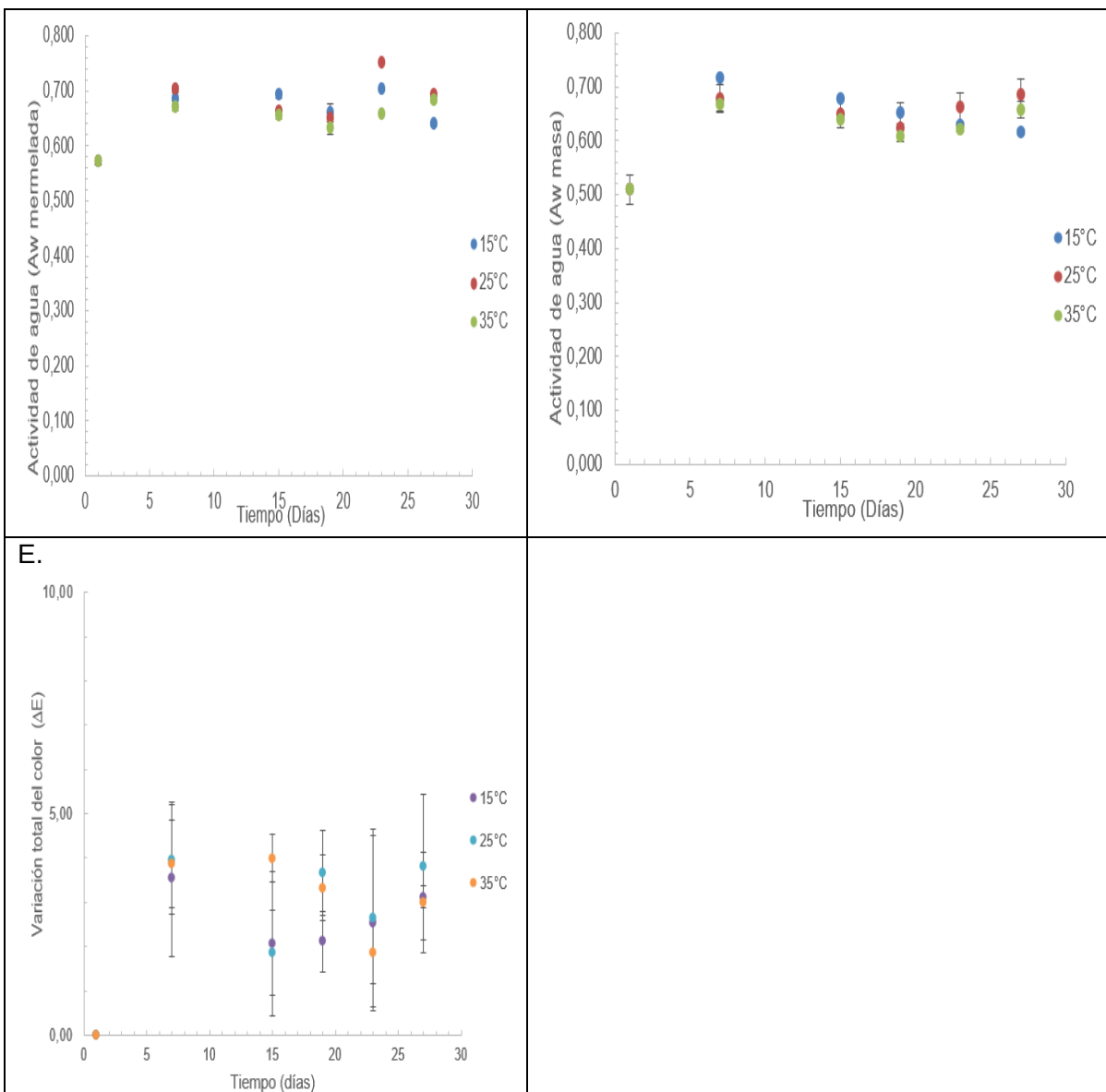


Figura 6. Resultados fisicoquímicos de Empanaditas Dulces con conservantes en función del tiempo almacenadas a 15, 25 y 35°C. A) Fuerza de fractura. B) Contenido de humedad. C) Actividad de agua (a_w mermelada). D) Actividad de agua (a_w masa). E) Variación total del color (ΔE)

8.3 EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL USO DEL CONSERVANTE EN EMPANADITAS DULCES ALMACENADAS A 25°C

8.3.1 Resultados fisicoquímicos de empanaditas dulces (sin y con conservante) almacenadas a 25 °C

A continuación, se realiza evaluación de la influencia del conservante seleccionado (ácido sórbico) sobre las propiedades fisicoquímicas de las Empanaditas Dulces a 25 °C durante el tiempo de almacenamiento.

Para el esfuerzo de fractura, se evidencia en la figura 7, que no hay diferencia significativa ($p>0,05$) desde el día 1 hasta el día 19 para las muestras tanto con conservante y sin conservante, sin embargo, para el día 23 los resultados presentan diferencia significativa ($p\leq 0,05$). Se observa un descenso en la fuerza de fractura para la muestra sin conservante, lo que sugiere que posiblemente el uso del conservante contribuye a la estabilidad mecánica del producto a largo plazo.

Esto se puede deber probablemente porque los aditivos (conservantes) inhiben reacciones químicas de degradación, reducen la actividad de agua y preservan las interacciones moleculares dentro de la matriz. Esta estabilización mecánica respaldada por conservantes concuerda con hallazgos de estudios que relacionan la menor degradación cromática y sensorial en productos con conservantes (Ilyas et al., 2024).

Para el contenido de humedad, se evidencia en la figura 7.B que durante el tiempo de análisis los dos tratamientos presentan diferencia significativa durante los días 7, 15, 23 y 27, alcanzando un mayor contenido de humedad para la muestra sin conservante igual a $14,84\pm 0,78\%$, para el caso de la muestra con conservante se alcanzó el mayor valor en el día 27 con un contenido de humedad igual $16,01\pm 0,882$.

El contenido de humedad mostró un comportamiento variable tanto en las muestras con conservante como en las sin conservante. En los primeros días, las muestras con conservante conservaron niveles más altos de humedad, mientras que las sin conservante presentaron valores más bajos. Esta tendencia se invierte en el día 15, donde las muestras sin conservante alcanzan su valor máximo ($14,84\% \pm 0,78$), superando a las con conservante ($12,81\% \pm 0,28$). Posteriormente, ambas condiciones presentaron una disminución general del contenido de humedad, siendo más pronunciada en las muestras sin conservante, que alcanzaron su valor más bajo en el día 23 ($8,91\% \pm 0,72$). Finalmente, en el día 27 se observa un aumento en ambas muestras, con un pico en las con conservante ($16,01\% \pm 0,89$). A lo largo del almacenamiento se identificaron diferencias significativas en distintos momentos, lo que sugiere que la adición del conservante influye en la retención de humedad. En el estudio realizado por Hernández et al., (2025), demostraron que el uso de ciertos aditivos que permiten extender la vida útil de los alimentos pueden incrementar el contenido de humedad de la corteza del alimento respecto a la muestra control, donde se puede respaldar la hipótesis que la adición de un conservante modifica la relación agua-matriz.

En el caso de la actividad de agua en la masa de la Empanadita Dulce que se describe en la figura 7.C, se observa una diferencia significativa en el valor promedio desde el primer día, lo que indica que la adición del conservante genera un cambio en esta variable de respuesta. Este cambio se mantiene durante todos los días de almacenamiento, excepto en el día 19.

Al finalizar el período de almacenamiento, se observó una diferencia significativa en la actividad de agua (a_w) entre las Empanaditas que contenían conservante (ácido sórbico) y aquellas que no. Específicamente, la muestra con conservante presentó una a_w cercana a 0.70, mientras que la muestra sin conservante mostró un valor alrededor de 0.60 (figura 7.C y D). Esta diferencia puede estar asociada a la interacción del ácido sórbico con la matriz alimentaria y a su papel como ácido débil, cuya eficacia antimicrobiana depende tanto de su concentración como de la fracción no disociada, influida por el pH y la actividad de agua del sistema (Moro et al., 2022). Estos hallazgos sugieren que, además de su efecto antimicrobiano, la incorporación del conservante puede estar relacionada con ligeras modificaciones en el equilibrio agua-matriz, favoreciendo una mayor disponibilidad relativa de agua libre.

La actividad de agua estuvo en un rango de 0,44 a 0,71 para ambos tratamientos, en el estudio realizado por González y Valencia (2013), reportan valores de actividad de agua en galletas dentro de un rango de 0,41 a 0,78. Estos resultados pueden asemejarse a los obtenidos en la masa de las Empanaditas Dulces, debido a la similitud en la materia prima de ambos productos (harina de trigo y margarina). Esto indica que dichos productos se encuentran por debajo de los valores críticos para el crecimiento de bacterias.

La actividad de agua en la mermelada de la Empanadita Dulce descrita en la figura 7.D, presenta una tendencia en resultados similares a los obtenidos en la masa. Se observa una diferencia significativa en todos los días evaluados ($p \leq 0,05$), excepto en el día 19. Además, se evidencia que el valor de la actividad de agua es siempre mayor en la mermelada que en la masa.

En la figura 7.E se evidencia que la adición del conservante no tiene efecto significativo sobre el pH en comparación con la muestra que no tiene conservante en el día 1. Sin embargo, a través de los días de almacenamiento, a partir del día 15, para los días 23 y 27 si se evidencia diferencia significativa ($p \leq 0,05$). Los resultados del pH oscilan entre 4,5 y 5,0 para el pH en masa.

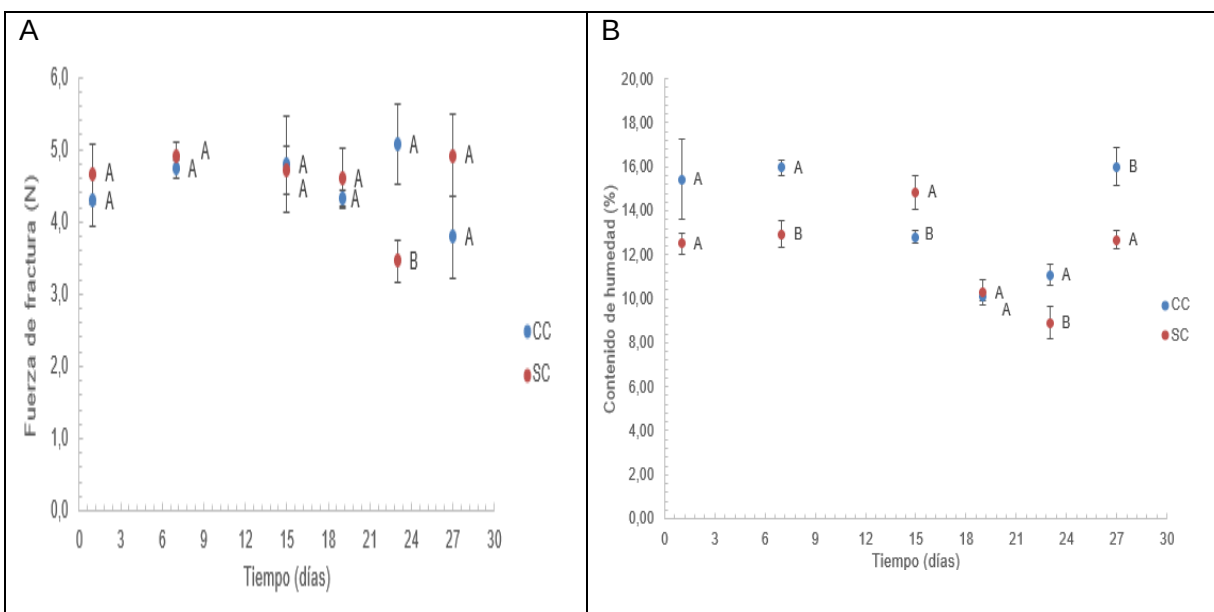
En la figura 7.F se observa que la adición del conservante no altera significativamente el valor del pH en comparación con la muestra sin conservante para el primer día de almacenamiento. Posteriormente a partir del día 15 se observa diferencia significativa se entre los tratamientos hasta el día 27 ($p \leq 0,05$). Los valores de pH para ambos tratamientos oscilan entre 3,4 a 3,9 siendo un pH más ácido el de la mermelada que el de la masa.

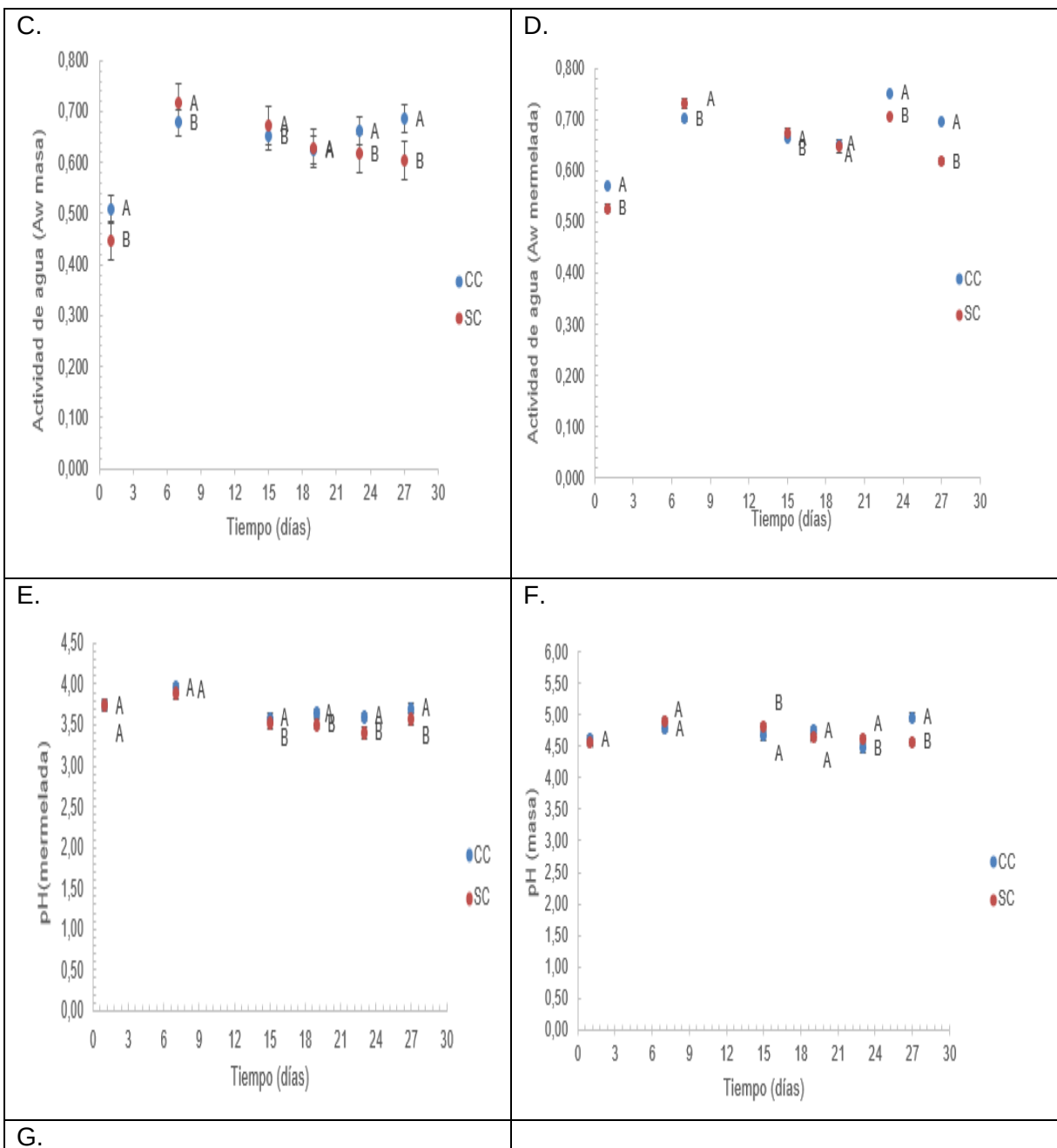
En la figura 7G se evidencia que en el día 7, las muestras con conservante presentaron una mayor variación total de color $3,97 \pm 2,69$ respecto a las sin

conservante $2,69 \pm 1,82$, no obstante, por día se mantienen sin diferencia significativa. En el día 15, ambas condiciones mostraron valores similares y relativamente bajos, indicando una posible estabilización inicial del color.

A partir del día 19, ambas series muestran un aumento en la variación de color, aunque de forma diferenciada. Para el tratamiento con conservante, los valores se mantienen relativamente estables hasta el final. En cambio, en las muestras sin conservante, se observa un incremento abrupto en el día 27, alcanzando un valor máximo de $7,70 \pm 1,58$, lo que indica una mayor inestabilidad del color en ausencia de conservante adicionalmente se evidencia que durante ese día hay diferencia significativa entre los dos tratamientos

Este comportamiento sugiere que la adición del conservante contribuye a mantener una mayor estabilidad de la variación total del color durante el periodo de almacenamiento, especialmente en los últimos días, donde las diferencias se acentúan notablemente. Resultados semejantes fueron reportados por Ilyas et al. (2024) en un estudio sobre Rasmalai (postre indio), en el que los tratamientos con conservantes mostraron una mejor estabilidad del color y mayor aceptación sensorial respecto a los controles sin conservante, lo que refuerza la conclusión de que estos aditivos son eficaces para preservar la calidad visual del producto durante su vida útil.





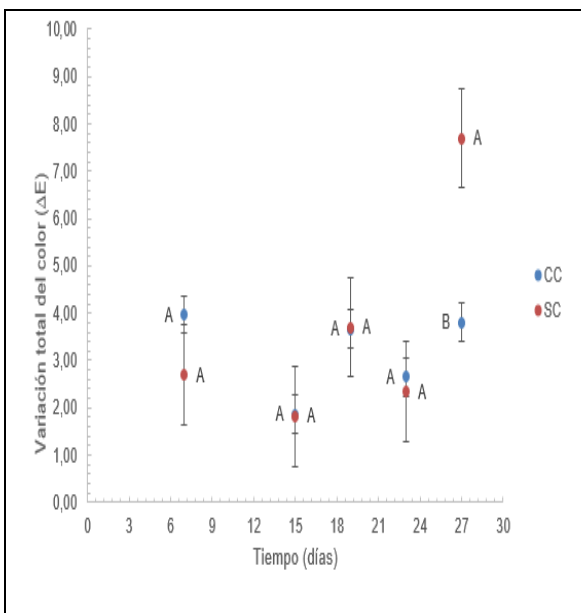


Figura 7. Resultados fisicoquímicos de Empanaditas Dulces sin conservante Y con conservante en función del tiempo almacenadas a 25°C. A) Fuerza de fractura. B) Contenido de humedad. C) Actividad de agua (a_w mermelada). D) Actividad de agua (a_w masa).. E) pH mermelada F) pH masa G) Variación total del color (ΔE). Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre el mismo tiempo de almacenamiento según prueba Tukey.

Se realizó la prueba cualitativa de rancidez oxidativa para detectar posible enranciamiento en las grasas del alimento. Para esta prueba la coloración naranja da negativo para el deterioro en el alimento a nivel lipídico y en caso de indicar una coloración fucsia indicaría un proceso de enranciamiento en la grasa, en el caso de ser prueba cualitativa positiva se procede a aplicar una prueba cuantitativa (índice se peróxidos). En la tabla 8 se presenta el seguimiento que se realizó durante las seis frecuencias de almacenamiento a la prueba cualitativa.

Tabla 8. Resultado de la prueba rancidez oxidativa durante los días de almacenamiento

DÍA	MUESTRA	
	SC	CC
1	Negativo	Negativo
7	Negativo	Negativo
15	Negativo	Negativo
19	Negativo	Negativo
23	Negativo	Negativo

27	Negativo	Negativo
----	----------	----------

Para cada uno de los días el análisis realizado por duplicado fue negativo para rancidez oxidativa, por lo que no se procedió a realizar la prueba cuantitativa índice de peróxidos. Por lo que la ausencia de enranciamiento en las Empanaditas Dulces hasta el día 27 puede atribuirse a varios factores de formulación y conservación. En particular, el uso de margarina como fuente lipídica representa una ventaja, ya que muchas margarinas comerciales contienen antioxidantes sintéticos lipofílicos como BHA, BHT o tocoferoles añadidos desde su origen industrial, lo cual retarda el inicio de la oxidación lipídica (Carocho et al. ,2017). Estos factores coinciden con lo observado por Azzollini et al. (2023), quienes reportaron alta estabilidad oxidativa en productos horneados rellenos almacenados a temperatura ambiente, especialmente cuando se combinan grasas semi-sólidas con azúcares estructurales y empaques de alta barrera.

El empaque de PET metalizado, empleado en este caso, presenta baja permeabilidad al oxígeno y al vapor de agua, lo cual fue clave para prevenir la entrada de oxígeno, condición indispensable para que ocurra el enranciamiento oxidativo. Estudios como el de Liu et al. (2024) mostraron que productos panificados con relleno almacenados en PET metalizado o aluminio laminado mostraron una vida útil sensorialmente aceptable.

8.3.2 Resultados microbiológico de Empanaditas Dulces (sin y con conservante) almacenadas a 25 °C

La tabla 9 describe los resultados del análisis microbiológico llevado a cabo en la ciudad de Cali – Valle del Cauca, en laboratorio certificado de Microbiología Álvarez Medina S.A.S. El informe de los resultados se puede ver en el archivo adjunto *INFORME DE LABORATORIO MICROBIOLÓGICO*. La tabla 9 evidencia una calidad aceptable de las Empanaditas Dulces con resultados que cumplen con las especificaciones de límites máximos o ausencia que indica la NTC 1363 : recuento de mesófilos <10 UFC/g para ambos tratamientos, estafilococos y *Bacillus cereus* <100 UFC/g, recuentos de mohos < 10 UFC/g, levaduras en el caso de las muestras con conservante para las 6 frecuencias de medición fue constante < 10 UFC/g, para las muestras sin conservante fue 40 UFC/g en el primer día de almacenamiento y alcanzo las 80 UFC/g hasta el día 27, en este parámetro se evidencia un incremento en el resultado no obstante, cumple con la especificación de la norma. Finalmente, la *Salmonella spp*, se cuantificó para el primer día de almacenamiento y el último, siendo esta ausente para ambos tratamientos.

Tabla 9. Resultados de pruebas microbiológica para muestras con y sin conservante almacenadas a 25°C.

Análisis	Frecuencia (días de almacenamiento)	Resultados		Lim. máx. NTC 1363	Método
		Sin Conservante	Con Conservante		
Recuento total de Mesófilos	1-27	<10	<10	10 000	NTC 4519
Estafilococo coagulasa positiva	1-27	<100	<100	<100 UFC/g	NTC 4779
<i>Bacillus cereus</i>	1-27	<100	<100	<100 UFC/g	NTC 4679
Recuento de Mohos	1-27	<10	<10	200	NTC 4132
Recuento de Levaduras	1	40	<10	200	NTC 4132
	7	50	<10		
	15	50	<10		
	19	60	<10		
	23	60	<10		
	27	80	<10		
<i>Salmonella spp</i>	1	Ausencia	Ausencia	Ausencia	NTC 4574
	7	-	-	-	
	15	-	-	-	
	19	-	-	-	
	23	-	-	-	
	27	Ausencia	Ausencia	Ausencia	

8.3.3 Resultados sensoriales de Empanaditas Dulces (sin y con conservante) almacenadas a 25 °C

Con el objetivo de determinar el efecto de los días de almacenamiento sobre las características sensoriales de las Empanaditas Dulces con y sin conservante, se promediaron los puntajes dados por los consumidores y se graficaron tal como se indica en la figura 8.

En la figura 8.A se evidencia que el promedio de la escala hedónica para el atributo sabor durante las 6 frecuencias de almacenamiento, esta alrededor de una

puntuación de 7, para el día 1 sin conservante (SC) se obtuvo un valor promedio de $7,38 \pm 1,54$, presentando un leve descenso en hasta el día 27 con un valor de $6,65 \pm 1,58$. Para el caso de las muestras con conservante (CC) para el día 1 de almacenamiento el resultado fue de $7,62 \pm 1,75$, para estas muestras se observa una fluctuación entre los días, sin embargo para el día 27 el resultado fue de $7,03 \pm 1,83$.

Para evaluar si existe diferencia significativa entre los dos tratamientos para cada atributo sensorial (sabor, apariencia, textura, olor y aceptación general) se empleó la prueba U de Mann Whitney dado que los datos no se distribuyen normalmente y así comparar la mediana estadística de acuerdo a los días de almacenamiento. Para el atributo de sabor, no se evidenció diferencia significativa durante ningún día de almacenamiento (Valor $p > 0,05$).

Para el atributo apariencia en la figura 8.B se evidencia que a partir del día 7 hasta el día 23 los dos tratamientos presentan un leve ascenso en el promedio de puntuación, sin embargo, para el día 27 ocurre un leve descenso presentando un valor de $7,10 \pm 1,67$ sin conservante (SC) y $7,48 \pm 1,37$ con conservante (CC). Este atributo no presentó diferencia significativa durante ningún día de almacenamiento (Valor $p > 0,05$).

Como se presenta en la figura 8.C, el atributo de textura presenta el valor promedio más elevado para el primer día de almacenamiento, las muestras sin conservante (SC) con un promedio $7,25 \pm 1,34$ y con conservante $7,27 \pm 1,54$. Durante los demás días de almacenamiento, los resultados presentan fluctuaciones, finalmente para el día 27 hay un descenso en el resultado alcanzando un valor para las muestras sin conservante (SC) de $6,50 \pm 1,56$ y con conservante (CC) $6,87 \pm 1,58$. El resultado de significancia indica que el día 19 presenta diferencia significativa (Valor $p \leq 0,05$) entre los dos tratamientos.

En la figura 8.D, el atributo de olor para el tratamiento sin conservante presenta un leve descenso desde el primer día de almacenamiento, para el caso de las muestras con conservante (CC) presenta fluctuaciones entre los diferentes días de almacenamiento. Al igual que los atributos anteriores, el promedio para ambos tratamientos están centrados en aproximadamente la escala hedónica de 7 (me gusta moderadamente). Los tratamientos no presentan diferencia significativa para los diferentes días de almacenamiento (Valor $p > 0,05$).

La figura 8.E muestra que, durante los 27 días de almacenamiento, los valores promedio de aceptabilidad hedónica para el atributo aceptación general se mantuvieron por encima del promedio 6,5 en ambos tratamientos, indicando una aceptación global favorable. Las muestras con conservante (CC) mostraron una tendencia más estable, con una ligera mejora en la valoración al final del periodo ($7,10 \pm 1,49$), mientras que en las muestras sin conservante (SC) se observó una leve disminución progresiva, alcanzando el valor más bajo en el día 27 ($6,68 \pm 1,38$). Estas variaciones, aunque sutiles, sugieren que el uso de conservantes contribuye a preservar las propiedades sensoriales a lo largo del tiempo. La prueba de significancia indica que para los días 15 y 27 existe diferencia significativa entre los dos tratamientos.

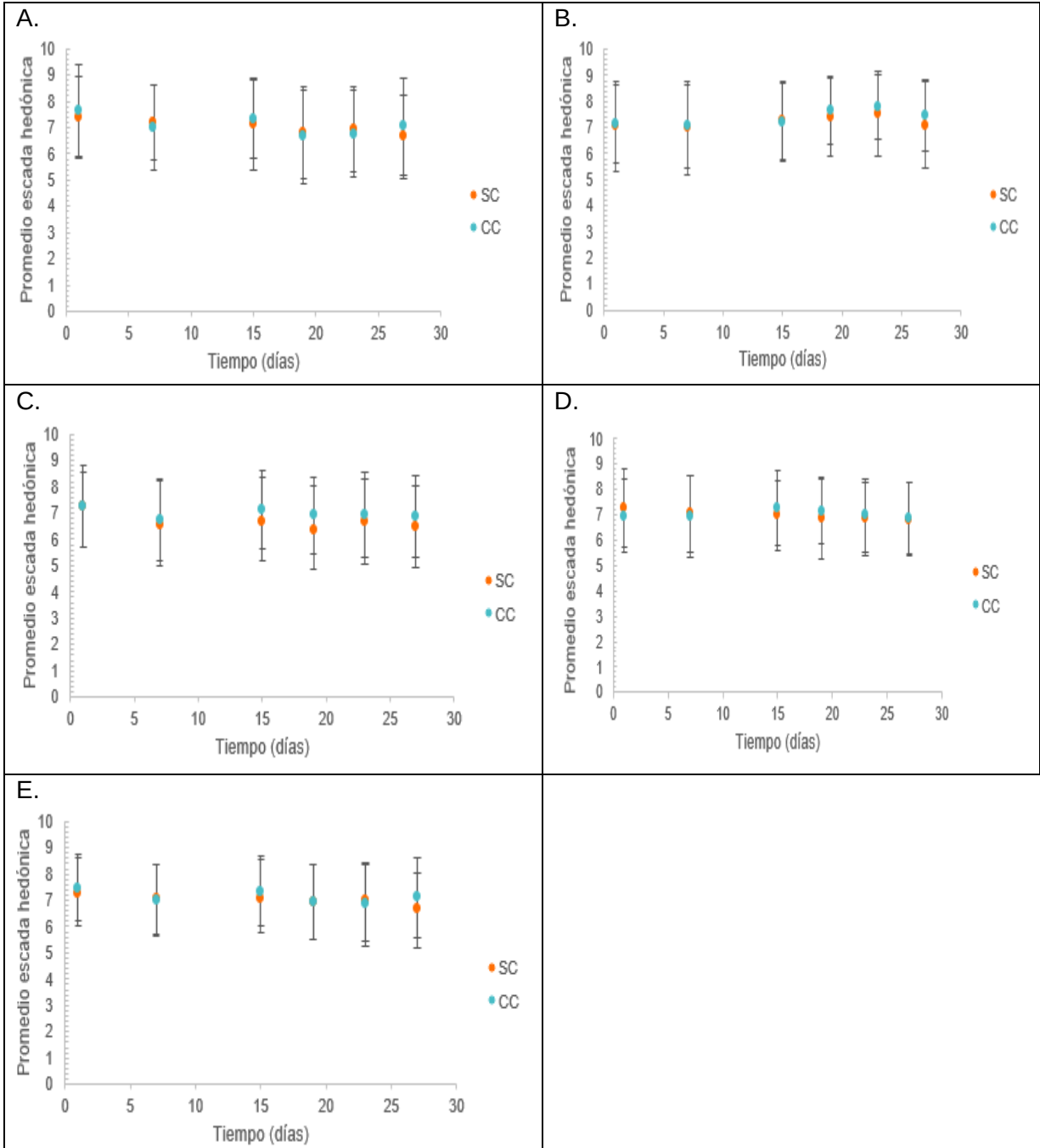


Figura 8. Resultados de pruebas sensoriales de Empanaditas Dulces con y sin conservantes en función del tiempo almacenadas a 25°C. A) sabor. B) apariencia. C) textura. D) color. E) aceptación general.

8.4 ESTIMACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DE LAS EMPANADITAS DULCES

8.5.1 Vida útil de Empanaditas Dulces sin conservante

Para la determinación de la vida útil del alimento Empanaditas Dulces, se empleó la metodología de índice global de calidad por medio de análisis multivariado. En este estudio se consideraron como variables de respuesta fisicoquímica actividad de agua en masa (a_w masa), fuerza de fractura, contenido de humedad (%CH) y como variables sensoriales la apariencia, sabor y aceptación general. Se tomaron como base las variables de respuesta fisicoquímicas y sensoriales medidas durante el almacenamiento a 25 °C de Empanaditas Dulces sin conservante, sin embargo, no todas las variables se incluyeron en el modelo final. Se hicieron varias combinaciones de variables teniendo en cuenta cuáles de estas explicaban mejor el comportamiento durante el almacenamiento en función del tiempo explicado por la predominancia del primer componente principal y también teniendo en cuenta cuáles presentaban un R^2 aceptable en la regresión lineal de los score del primer componente en función del tiempo.

Para las muestras de Empanaditas sin conservante las variables consideradas en el análisis corresponden a actividad de agua en masa (a_w masa), fuerza de fractura, contenido de humedad (%CH), sabor, aceptación general (AG) y apariencia.

Tabla 10. Variables de respuesta y valores críticos para determinar vida útil de Empanaditas Dulces sin conservante

Tiempo(Días)	a_w masa	Apariencia	Sabor	Fuerza de fractura(N)	%CH	AG
1	0,45	7,05	7,38	4,7	12,50	7,28
7	0,72	7,00	7,18	4,9	12,93	7,07
15	0,67	7,25	7,15	4,7	14,84	7,07
19	0,63	7,40	6,82	4,6	10,29	6,93
23	0,62	7,52	6,93	3,5	8,91	7,03
27	0,60	7,10	6,65	4,9	12,68	6,68
Valor critico	0,70	6,00	6,00	4,00	14,00	6,00

En la figura 9 de componentes principales obtenida para las muestras sin conservante, se observa que las variables fuerza de fractura, contenido de humedad (%CH), sabor y aceptación general (AG) están agrupadas en el mismo cuadrante, con vectores que apuntan en direcciones similares. Esto indica que estas variables

tienen correlación positiva entre sí y tienen un peso importante en el primer componente.

La variable actividad de masa (a_w masa) también tiene una componente positiva sobre el segundo componente, aunque su relación con las otras variables no es tan fuerte, lo que sugiere una menor correlación respecto a las otras variables.

La variable apariencia tiene una correlación negativa con variables como fuerza de fractura y contenido de humedad, es decir, entre mayor apariencia menor fuerza de fractura y contenido de humedad.

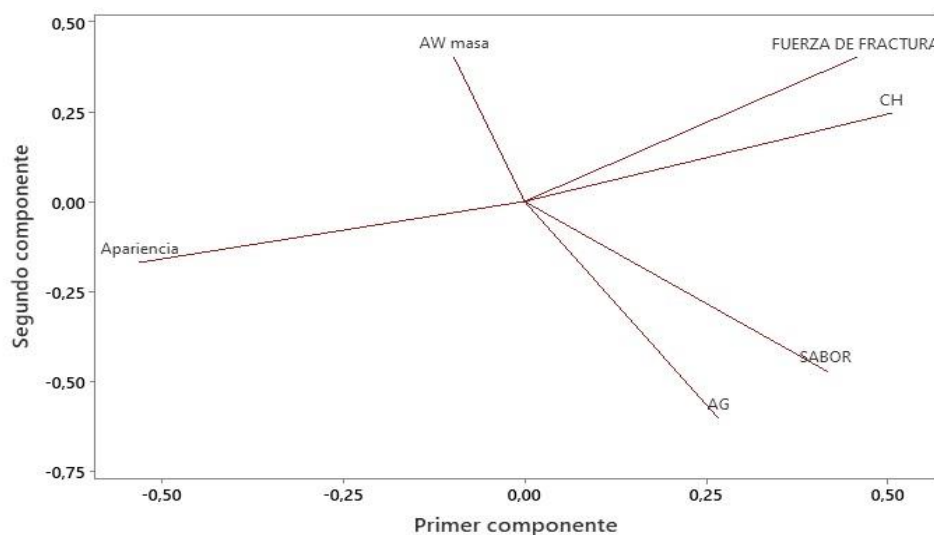


Figura 9.Proyección de componentes principales para muestra de Empanaditas Dulces sin conservante

La figura 10 corresponde a la regresión lineal al tratamiento sin conservante. Este modelo lineal ajustado, muestran la evolución del score del primer componente principal (S1) en función de los días de almacenamiento.

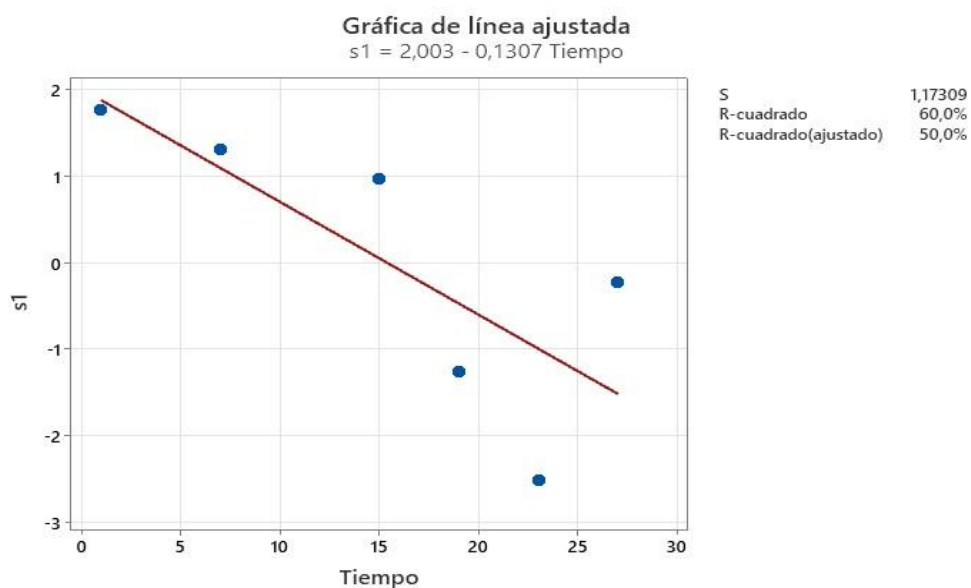


Figura 10. Score del primer componente principal (S1) en función de los días de almacenamiento para muestra sin conservante.

Según el resultado obtenido por la gráfica lineal ajustada, la ecuación de la resta corresponde a la ecuación 4.

$$S1 = 2,003 - 0,1307 \text{ Días} \quad (4)$$

$$Días = \frac{0,117 - 2,003}{-0,1307}$$

$$Días = 14,4$$

El valor de S1 obtenido por la metodología MASLT para la muestra sin conservante es de 0,117 por lo que empleando la ecuación 4 el valor de días es de 14 días de vida útil

8.5.2 Vida útil de Empanaditas con conservante

En este estudio se consideraron como variables de respuesta fisicoquímica la actividad de agua en masa, y como variables sensoriales la apariencia y la aceptación general. Se tomaron como base las variables de respuesta fisicoquímicas y sensoriales medidas durante el almacenamiento a 25 °C de Empanaditas Dulces con conservante, no todas las variables se incluyeron en el modelo final. Se hicieron varias combinaciones de variables teniendo en cuenta cuáles de estas explicaban mejor el comportamiento durante el almacenamiento en función del tiempo explicado por la predominancia del primer componente principal y también teniendo en cuenta cuáles presentaban un R^2 aceptable en la regresión lineal de los score del primer componente en función del tiempo.

Tabla 11. Variables de respuesta y valores críticos para determinar vida útil de Empanaditas Dulces sin conservante

Tiempo (Días)	a_w masa	Apariencia	AG
1	0,51	7,13	7,48
7	0,68	7,05	6,98
15	0,65	7,23	7,35
19	0,62	7,67	6,92
23	0,66	7,78	6,87
27	0,69	7,48	7,10
Valor critico	0,70	6,00	6,00

La figura 11 corresponde a la regresión lineal al tratamiento con conservante, donde el modelo lineal ajustado, muestran la evolución del score del primer componente principal (S1) en función de los días de almacenamiento.

En la figura 12 de componentes principales correspondiente a las muestras con conservante, se observa que la variable actividad de agua en masa (a_w masa) mantiene una influencia marcada sobre el primer componente principal, mientras que la apariencia se proyecta con fuerza tanto en el primer como en el segundo componente, indicando su relevancia multidimensional en la evaluación del alimento. Por su parte, la variable aceptación general (AG) presenta una contribución principalmente al primer componente y mínima al segundo. Se destaca la orientación opuesta entre apariencia y a_w masa (correlación negativa), lo que evidencia un comportamiento inverso entre la percepción visual del producto y su contenido de agua durante el almacenamiento.

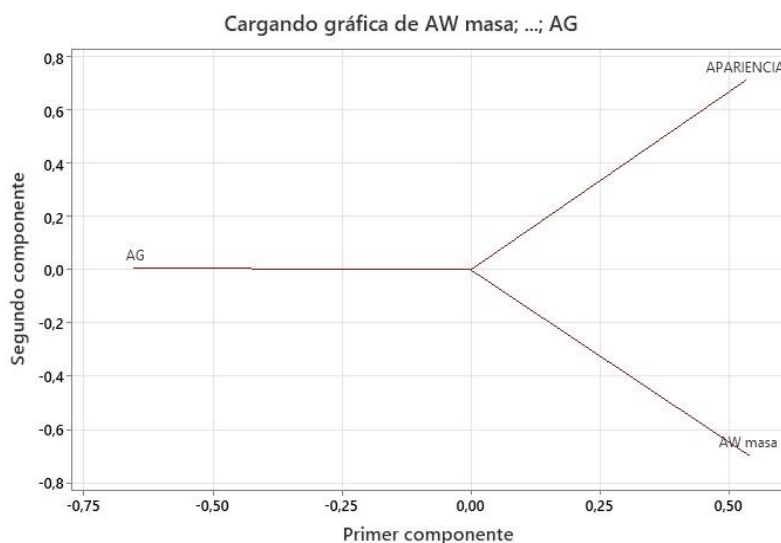


Figura 11. Proyección de componentes principales para muestra con conservante

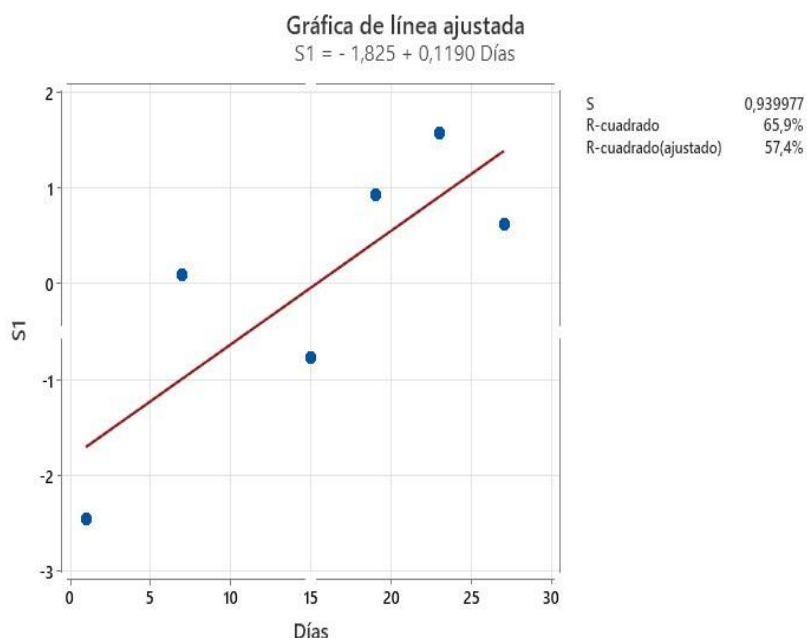


Figura 12. Primer componente principal (S1) en función de los días de almacenamiento para muestra con conservante

Según el resultado obtenido por la gráfica lineal ajustada, la ecuación de la resta corresponde a la ecuación 5.

$$S1 = -1,825 + 0,1190 \text{ Días} \quad (5)$$

$$\frac{1,825}{0,1190}$$

$$\text{Días} = 15,34$$

El valor de S1 obtenido por la metodología MASLT para la muestra con conservante es de 0,00 por lo que empleando la ecuación 5 el valor de días es de 15 días de vida útil

Realizando la comparación entre ambos tratamientos, se evidencia que la adición del conservante prolongó la vida útil en un día con respecto a la muestra sin conservante, alcanzando 15 y 14 días respectivamente. Este resultado indica que, bajo las condiciones de análisis empleadas en la presente investigación, la diferencia significativa y, en consecuencia, resulta limitada en términos prácticos.

Desde la perspectiva empresarial, el uso del conservante implicaría asumir un costo adicional sin traducirse en una extensión de vida útil que represente un beneficio real en la distribución o comercialización del producto. Por lo anterior, se sugiere que futuros estudios de investigación contemplen un diseño experimental con un mayor número de puntos de medición (al menos ocho distribuidos a lo largo del periodo de almacenamiento). Esta estrategia permitiría modelar de manera más precisa la

evolución de los parámetros fisicoquímicos y sensoriales, reducir la variabilidad asociada a la regresión y obtener intervalos de confianza más robustos para la estimación de la vida útil.

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La temperatura de almacenamiento influye significativamente en las propiedades fisicoquímicas de las Empanaditas Dulces, con y sin conservante. Con temperaturas mayores se acelera la migración de humedad, alterando la textura, la actividad de agua y la variación total de color del producto, mientras que temperaturas moderadas permiten conservar dichas propiedades por más tiempo.
- La incorporación de ácido sórbico como conservante a Empanaditas Dulces presentó mayor estabilidad fisicoquímica del producto en comparación con las muestras sin ácido sórbico. En las muestras se presentó mayor retención del color y no se observaron reblandecimiento.
- En productos sin conservante, se presentó un reblandecimiento progresivo de la corteza a temperaturas más elevadas (35 °C), Además, la actividad de agua aumentó con el tiempo de almacenamiento, sobre todo a 25 °C. Los cambios en color dependiente del tiempo y temperatura, siendo más marcados a 25 °C.
- En términos de fuerza de fractura (textura), el conservante contribuyó a una mayor estabilidad de la firmeza, especialmente en los días finales del almacenamiento, evitando el reblandecimiento observado en las muestras sin conservante. Asimismo, el contenido de humedad y la actividad de agua (a_w) fueron más constantes en las muestras con conservante, lo que indica una mayor capacidad de retención de humedad.
- La interacción entre la temperatura y el conservante mostraron que, aunque la temperatura determina la velocidad de deterioro fisicoquímico del producto, la incorporación del conservante reduce estos efectos negativos; por lo tanto, combinaciones de temperaturas moderadas y el uso de ácido sórbico permiten mayor retención de la calidad de las Empanaditas Dulces.
- La evaluación comparativa entre Empanaditas Dulces con y sin conservante almacenadas a 25 °C evidenció que el uso del conservante tiene un efecto significativo sobre diversas las propiedades fisicoquímicas del producto durante su almacenamiento.
- Se logró realizar el cálculo de vida útil por métodos multivariados teniendo en cuenta una degradación simultanea de varios parámetros fisicoquímicos y sensoriales durante el tiempo de almacenamiento de la Empanada Dulce. Sin embargo, para mejorar la precisión y robustez del modelo predictivo para Empanaditas Dulces con y sin conservantes, se recomienda obtener datos de al menos dos puntos de tiempo adicionales; aunque el alcance del trabajo de grado no incluía este cálculo debido a costos y tiempos, para productos

similares se recomienda que la empresa ejecute estudios de estabilidad con un mínimo de ocho puntos de medición durante aproximadamente dos meses.

10. REFERENCIAS

Acero C., E. (2006). Nayarit: reforma y desarrollo. México: Universidad Autónoma de Nayarit.

Ahmed, K. A. M., & El Ashmawy, N. M. (2017). Color stability of freeze-dried Date Fruits (Barhi

CV.) during storage. *Advances in Research*, 8(5), 1–9.
<https://doi.org/10.9734/AIR/2016/31168>

Allied Academies. (2019). Understanding to the shelf-life and product stability of foods. Investigación disponible en Allied Academies

AOAC. (1995). Official methods of análisis of AOAC international (16 ed., Vol. 37). Association of Official Analytical Chemists.

Astiz, V., Salinas, M. V., & Puppo, M. C. (2022). Propiedades fisicoquímicas de harina de trigo y avena de alta calidad panadera. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 121(2), 113-113.

Azzollini, D., Derossi, A., & Severini, C. (2023). Effect of processing conditions on water redistribution and textural changes in filled bakery products. *Journal of Food Engineering*, 342, 111220. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2023.111220>

Barrett, R. (2016). Convenience and extending shelf life for snack and bakery products. *Snack & Bakery*.

Cabezas-Zábala, Claudia Constanza, Hernández-Torres, Blanca Cecilia, & Vargas-Zárate, Melier. (2016). Aceites y grasas: efectos en la salud y regulación mundial. *Revista de la*

Facultad de Medicina, 64 (4), 761-768.
<https://doi.org/10.15446/revfacmed.v64n4.53684>

Carocho, M., Morales, P., & Ferreira, I. C. (2017). Antioxidants: Reviewing the chemistry, food applications, legislation and role as preservatives. *Trends In Food Science & Technology*, 71, 107-120. <https://doi-org.bd.univalle.edu.co/10.1016/j.tifs.2017.11.008>

Carr, J. M., Mackey, M., Flandin, L., Hiltner, A., & Baer, E. (2013). Structure and transport properties of polyethylene terephthalate and poly (vinylidene fluoride-cotetrafluoroethylene) multilayer films. *Polymer*, 54(6), 1679-1690. <https://doi.org/10.1016/j.polymer.2013.01.037>

Codex Alimentarius (1995). NORMA GENERAL PARA LOS ADITIVOS ALIMENTARIOS

Cámara de Comercio de Cali. (2024). Clúster de Macrosnacks – Guía para el acceso al mercado de EE. UU. Recuperado de <https://www.ccc.org.co/inicio/plataformacluster/macrosnacks/>

CODEx STAN 192-1995. <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/shproxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.or>

g%252Fsites%252Fco
1995%252FCXS_192s.pdf

dex%252FStandards%252FCXS%2B192-

Correa, C., & Arango, A. (2013). Todo empanadas. Colombia: Intermedio Editores S.A.S.

Corpas, E. J., & Tapasco, O. (2012). Evaluación de conservantes para limitar el recuento de mohos en Arepas bajo dos condiciones ambientales. *Biotecnología en el Sector*

Agropecuário y Agroindustrial, 10(2), 249-256.
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6117653.pdf>

Chacón, G., Muñoz, A., Quiñónez, G. (2017). Descripción del mercado de los snacks saludables en Villavicencio, Meta. *Revista Libre Empresa*, 14(2), 33-45
<http://dx.doi.org/10.18041/libemp.2017.v14n2.28202>

DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística de Colombia). 2016. Boletín mensual. Insumos y factores asociados a la producción agropecuaria. Bogotá, Colombia.

Davidson, P. M., Taylor, T. M., & Schmidt, S. E. (2020). *Chemical preservatives and natural antimicrobial compounds*. In M. P. Doyle & R. L. Buchanan (Eds.), *Food Microbiology: Fundamentals and Frontiers* (5th ed., pp. 639–660). ASM Press.
<https://doi.org/10.1128/9781555819>

Del Carpio, J., & Mikhieieva, O. (2022). Impacto de la Innovación Abierta en las empresas de alimentos peruanas. *Cuadernos de Administración (Universidad del Valle)*, 38 (72), e211203. Epub 02 de enero de 2022.
<https://doi.org/10.25100/cdea.v38i72.11203>

EFSA Panel on Food Additives and Flavourings (FAF). (2019). *Opinion on the follow-up of the re-evaluation of sorbic acid (E200) and potassium sorbate (E202) as food additives*. *EFSA Journal*, 17(3), e05625. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2019.5625>

EFSA Panel on Food Additives and Flavourings (FAF). (2020). Re-evaluation of benzoic acid (E 210), sodium benzoate (E 211), potassium benzoate (E 212) and calcium benzoate (E 213) as food additives. *EFSA Journal*, 18(12), e06325.
<https://doi.org/10.2903/j.efsa.2020.6325>

EL MOLINO (2023) Productos. <https://elmolino.com.co/producto/empanada-de-pollo-y-verduras/>

Equipo Editorial. (2017). Panadería y Bollería II: Aperitivos, Pizzas, Cocas y Empanadas, Hojaldre y Bollería. Vorwerk España Management S.L., S.C.

Farrán-Codina, A. (2020). Las grasas en la alimentación. *Pediatría Integral*, 175.

Food and Agriculture Organization. (s.f.). Quality assurance for small-scale rural food industries: Simple methods for quality control (Cap. 3). FAO.

Galactic (2021). Descubra los sabores naturales de Galactic, todos elaborados mediante fermentación. <https://www.lactic.com/en/news/discover-galactics-natural-flavors-allmade-fermentation>

Galić, K., & Ščetar, M. (2023). Bread packaging techniques and trends. *Journal of Food Science and Technology*, 60(2), 347–356. <https://doi.org/10.1007/s13197-022-05553-4>

García, F., Bejarano, D., Paredes, L., Vega, R. & Encinas, J. (2018). La deshidratación osmótica mejora la calidad de Ananas comosus deshidratada. *Scientia Agropecuaria*, 9(3), 349-357. <https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.03.06>

GONZÁLEZ, L., ARROYO, A., TOBAR, A., POLANÍA, A., AYALA, A. & DÍAZ A. (2022). Obtención de “Snacks” de piña (Ananas comosus) mediante las técnicas combinadas de Ventana de Refractancia y Fritura con Aire Caliente. *Biotechnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 20(1), 165-178. Epub December 30, 2021. <https://doi.org/10.18684/bsaa.v20.n1.2022.1879>

González Álvarez, D y Valencia García, F. (2013). Evaluación del comportamiento de sustitutos de grasa y edulcorantes en la formulación de galletas light. Corporación Universitaria Lasallista. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10495/25040>

Grillo, O., Rizzo, V., Saccone, R., Fallico, B., Mazzaglia, A., Venora, G., & Muratore, G. (2014).

Use of image analysis to evaluate the shelf life of Bakery products. *Food Research International*, 62, 514-522. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.03.034>

Guynot, M. E., Marín, S., Sanchis, V., & Ramos, A. J. (2003).

Modified Atmosphere Packaging for Prevention of Mold Spoilage of Bakery Products with Different pH and Water Activity Levels. *Journal of Food Protection*, 66(10), 1864-1872. <https://doi.org/10.4315/0362-028x-66.10.1864>

Guynot, M. E., Ramos, A. J., Sanchis, V., & Marín, S. (2005). Study of benzoate, propionate, and sorbate salts as mould spoilage inhibitors on intermediate moisture bakery products of low pH (4.5–5.5). *International Journal of Food Microbiology*, 101(2), 161-168. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2004.11.003>

Hernández, R. H., López, A., Mejía, B., Ramírez, N., & Mani, E. (2025). Evaluation of Clean-Label Additives to Inhibit Molds and Extend the Shelf Life of Preservative-Free Bread. *Microbiology Research*, 16(8), 179. <https://doi.org/10.3390/microbiolres16080179>

Hess, J., Jonnalagadda, S., & Slavin, J. (2016). What is a snack, why do we snack, and how can we choose better snacks? A review of the definitions of snacking, motivations to snack, contributions to dietary intake, and recommendations for improvement. *Advances in Nutrition*, 7(3), 466-475.

Ilyas, M., Nawaz, H., Sultan, M. T., et al. (2024). Effect of different preservatives on the physicochemical characteristics and shelf stability of Rasmalai: A comparative study. *Food Science & Nutrition*, 12(3), e38726400. <https://doi.org/10.1002/fsn.38726400>

Instituto colombiano de normas técnicas y certificación-ICONTEC (2021). Guía para la determinación de la vida útil de alimentos y bebidas envasados/empacados listos para el consumo (GTC 328).

Instituto colombiano de normas técnicas y certificación-ICONTEC (2018). Análisis sensorial. Métodos de evaluación sensorial para determinar la vida útil sensorial de los productos de consumo (GTC 289).

Instituto colombiano de normas técnicas y certificación-ICONTEC (2018). Análisis sensorial. Evaluación (Determinación y verificación) de la vida útil de los alimentos (GTC 292).

Instituto colombiano de normas técnicas y certificación-ICONTEC (2018). Análisis sensorial. Metodología. Guía general para la realización de pruebas hedónicas con consumidores en un área controlada. (GTC 293).

Instituto colombiano de normas técnicas y certificación-ICONTEC (2014). Análisis sensorial. Metodología. Guía general. (GTC 165).

Jia, Q., Zhang, Y., & Li, X. (2023). Influence of sugar and water activity on starch retrogradation in high-moisture baked products. *International Journal of Food Science & Technology*, 58(2), 187–198. <https://doi.org/10.1111/ijfs.16127>

Kovács, Z., Tömösközi, S., & Vida, N. (2022). Retrogradation kinetics of gelatinized starch in complex food systems and its impact on shelf life. *Carbohydrate Polymers*, 289, 119397. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2022.119397>

Lima, P. C. C., De Souza, B. M., & Fyfe, S. (2019). Influence of storage temperature and different packaging on the physicochemical quality off resh-cut «Perola» pineapple. *Idea*, 37(2), 13-19. <https://doi.org/10.4067/s0718-34292019000200013>

Liu, Y., He, Y., & Li, B. (2024). Water vapor permeability and barrier performance of biodegradable and plastic-based food packaging materials: A comparative study. *Food Packaging and Shelf Life*, 41, 101373. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2023.101373>

Lusas, E. & Rooney, L. (2001). *Procesamiento de snacks*. Prensa CRC.

Manyoma, P. C. (2022). PrAToVi-B: metodología para la agregación de ordenamientos a través de análisis de decisión multicriterio robusto. *Información Tecnológica*, 33(4), 101-116. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642022000400101>

Matayatsuk, P. C., & Yooyong, S. (2016). Fast and simple method for semiquantitative determination of calcium propionate in bread samples. *Journal of Food and Drug Analysis*, 25(2), 254–259. <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2016.03.013>

Mérieux NutriSciences. (2025). An overview of shelf life testing. Recuperado de Mérieux NutriSciences.

Ministerio de agricultura y desarrollo rural. (2019, junio). Cadena de la piña. Dirección de cadenas agrícolas y forestales. <https://sioc.minagricultura.gov.co/Pasifloras/Documentos/2019-0630%20Cifras%20Sectoriales%20PI%C3%91A.pdf>

Ministerio de Comercio, Industria y Turismo (2019) Snacks, galletas y aceites, las apuestas para aumentar producción, ventas y exportaciones de alimentos procesados. <https://www.mincit.gov.co/prensa/noticias/comercio/snacks-y-aceitesapuestas-para-subir-exportaciones>.

Montoya, L. E. H., Buritica, M. F. A., Iguarán, E. C., & Castro-Ríos, K. (2019). Evaluación de conservación y procesamiento en la calidad fisicoquímica y microbiológica de empanadas de maíz. *Alimentos Hoy*, 27(46), 3-14.

Moro, C. B., Lemos, J. G., Gasperini, A. M., Stefanello, A., Garcia, M. V., & Copetti, M. V. (2022). Efficacy of weak acid preservatives on spoilage fungi of bakery products. *International Journal Of Food Microbiology*, 374, 109723. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2022.109723>

- Moura A., M., Silva, M., Oliveira, I., & Ferreira, R. (2022). Shelf-life determination of an egg-based moist cake, relating sensory, microbiological and physico-chemical properties. *International Journal of Food Science & Technology*, 57(10), 6580-6590.
- Navia, P., Ayala, A., Villada, H. (2014). Interacciones empaque-alimento: migración. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*. 13, no. 25. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-33242014000200008
- Necidová, L., Buršová, Š., Ježek, F., Haruštiaková, D., Vorlová, L., & Golian, J. (2019). Effect of preservatives on the shelf-life and sensory characteristics of pasteurized liquid whole egg stored at 4°C. *Poultry Science*, 98(11), 5940-5948
- Norma técnica Colombiana (2018). Envases, empaques y embalajes. Vocabulario. Parte 1: Términos generales. NTC 6302-1 <https://ecollection-icontec-org.bd.univalle.edu.co/pdfview/viewer.aspx?locale=es-ES&Q=B64954BB5C2176835535CF4AD8FC0BEBAA954D8CDBF414E1&Req=>
- Norma técnica Colombiana (2017). Productos de molinería. Pan envasado (empacado). NTC 1363. <https://ecollection-icontec-org.bd.univalle.edu.co/normavw.aspx?ID=672>
- Norma técnica Colombiana (2004). Análisis sensorial. Directrices para el uso de escalas de respuesta cuantitativas. NTC 5328.
- Ospina, J. (2015). Fundamentos de envases y embalajes. SENA.
- Palanisamy, Y., Kadirvel, V., & Ganesan, N. D. (2024). Recent technological advances in food packaging: sensors, automation, and application. *Sustainable Food Technology*, 3, 161–180. <https://doi.org/10.1039/D4FB00296B>
- Pedro, A. & Ferreira, M. (2006). Multivariate accelerated shelf-life testing: A novel approach for determining the shelf-life of foods. *Journal of Chemometrics*, 20(2-3), 76–83. <https://doi.org/10.1002/cem.995>
- Portafolio. (2022, 27 de junio). Portafolio.co. <https://www.portafolio.co/economia/finanzas/el-pais-importa-1-9-millones-de-toneladas-de-trigo-567510>
- Qiao, C.C., Tian, X.H., Wang, L.X., Jiang, P., Zhai, X.T., Wu, N.-N., & Tan, B. (2022). Quality characteristics, texture properties and moisture migration of fresh brown rice noodles under different storage and temperatures conditions. *Journal of Cereal Science*, 104(103434), 103434. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2022.103434>
- Quintero A., M., Girón, J. M., & Mendoza, D. M. (2023). Traditional Colombian Cuisine Corndough: Characterization and evaluation of the effect of heat treatment on selected water-soluble vitamins and minerals. *Journal of Food Composition and Analysis*, 116, 105054. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2022.105054>
- Red Cluster Colombia. (2025). Clúster de Macrosnacks. Recuperado de https://redclustercolombia.gov.co/initiatives_f/39/show-initiatives
- Resolución 3929 de 2013. [Ministerio de Salud y Protección Social] Por la cual se establece el reglamento técnico sobre los requisitos sanitarios que deben cumplir las frutas y las bebidas con adición de jugo (zumo) o pulpa de fruta o concentrados de

fruta, clarificados o no, o la mezcla de éstos que se procesen, empaquen, transporten, importen y comercialicen en el territorio nacional.02 de octubre de 2013.

Resolución 4125 de 1991. [Ministerio de salud]Por la cual se reglamenta el Título V Alimentos, de la Ley 09 de 1979, en lo concerniente a los CONSERVANTES utilizados en alimentos.05 de abril de 1991.

Resolución 8430 de 1993. [Ministerio de Ministerio de Salud y Protección Social] Por la cual se establece las normas científicas, técnicas y administrativas para investigación en salud. 04 de octubre de 1993.

Robertson, G. L. (2016). Food Packaging: Principles and Practice (3rd ed.). CRC Press.

Ruiz, S., Pérez, A., & García, B. (2023). *Efecto de los conservantes químicos en la calidad microbiológica y sensorial de los alimentos*. *Journal of Food Safety and Preservation*, 47(5), 1234-1248. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodchem.2023.04.012>

Ruiz,J., & Segura, M. (2019). Development of nopal pineapple marmalade formulated with stevia aqueous extract: effect on physicochemical properties, inhibition of α -amylase, and glycemic response. *Nutrición Hospitalaria*, 36(5), 1081-1086. Epub 24 de enero de 2020.<https://dx.doi.org/10.20960/nh.02048>

Sagar, N. A., & Pareek, S. (2021). Fortification of multigrain flour with onion skin powder as a natural preservative: Effect on quality and shelf life of the bread. *Food bioscience*, 41, 100992. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.100992>

Segurondo, Romina, & Cortez , Viviana. (2020). Determinación de la rancidez en aceites usados en el proceso de frituras en establecimientos de expendio de comida rápida. *Revista CON-CIENCIA*, 8(2), 115-128. Recuperado en 30 de noviembre de 2023, http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S231002652020000200009&lng=es&tlng=es.

Shah, A. J., & Shin, H. (2022). The Nexus Between Inventory Management and Firm Performance: A Saudi Arabian Perspective. *The Journal of Asian Finance, Economics and Business*.

Shahidi, F., & Zhong, Y. (2010). Lipid oxidation and improving the oxidative stability. *Chemical Society Reviews*, 39(11), 4067–4079. <https://doi.org/10.1039/B922183M>

Smith, M. (2025, febrero 25). High-moisture baked goods pose shelf life challenges.

Universidad del Valle (2017). Nuevos Retos para el Clúster de los Macrosnacks y la Escuela de Ingeniería de Alimentos. Agencia de Noticias

Univalle.<https://www.univalle.edu.co/ciencia-y-tecnologia/nuevos-retos-para-el-clusterde-los-macrosnacks-y-la-escuela-de-ingenieria-de-alimentos>

Viera , O. M., & Morales S. (2020). Comparación de los métodos de extracción para hidrocarburos aromáticos policíclicos en sedimentos marinos empleando Soxhlet y baño ultrasónico. *Centro Azúcar*, 47(3), 14-23.

Velázquez G., Collado R., Cruz R., Velasco A., & Rosales J. (2019). Reacciones de hipersensibilidad a aditivos alimentarios. *Revista alergia México*, 66(3), 329-339. Epub 19 de febrero de 2020.<https://doi.org/10.29262/ram.v66i3.613>

Wang, L., Zhang, L., & Liu, H. (2021). Rheological properties of wheat dough and implications for food texture under varying thermal and hydration conditions: A review. *Food Hydrocolloids*, 115, 106584. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.106584>

Zhou, Q., Zhang, L., & Chen, X. (2016). Pectin-based hydrogels for controlled release: Effect of sugar and acid on gelation and water mobility. *International Journal of Biological Macromolecules*, 93, 1310–1316. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2016.09.064>

11. ANEXOS

Anexo 1.

Ciente: STOCK

Descripción: STOCK - PLANA PET METALIZADO/FLEXIBLE SIN IMPRESION
METALIZADA 12 X 18 CM - 67 MICRAS

Producto: BOLSA PLANA PET METALIZADO/FLEXIBLE (PA-PE) 67 micras.

Parte: A05272

COMPOSICIÓN

	Material	Calibre (μm)	Gramaje (g/m ²)
	PET METALIZADO	12	16,8
	Adhesivo	-	2
	FLEXIBLE (PA-PE)	55	55,2

PROPIEDAD	VALOR	TOLERANCIA	UNIDADES	NORMA Ó PROCEDIMIENTO
GENERALES				
Calibre	67	$\pm 10\%$	μm	Q-P-E-C-001
Gramaje	74	$\pm 10\%$	g / m ²	—
Peso	3.1	$\pm 10\%$	g/unidad	—
BOLSA				
Ancho	120	± 5	mm	Q-P-E-C-001
Largo	180	± 5	mm	Q-P-E-C-001
Fuelle	0	± 5	mm	Q-P-E-C-001
BARRERA				
OTR (Transmisión de Oxígeno)	< 1	—	cc/(m ² *24hr*atm)	ASTM D3985 23°C 0% HR *
WVTR (Transmisión Vapor de Agua)	< 1	—	g/(m ² *24hr*atm)	ASTM F1249 38°C 90% HR*
FÍSICO-MECÁNICAS				
Temperatura de sellado	140	± 20	°C	P-ST-003
Fuerza de sellado	> 2.5	-	Kgf/pulgada	P-ST-003
Fuerza de laminación	> 200	-	gf/pulgada	P-ST-004

Anexo 2.

CONSERVANTE ÁCIDO SÓRBICO				
PARTICIPANTE	COLOR	SABOR	OLOR	TEXTURA
1	Pálida, se ve la masa como si le faltara horneo	Sabe bien la masa y la mermelada. La mermelada es ácida	Huele a horneado, la mermelada no huele a piña	Crujiente
2	Es un poco pálida	Agradable	Es neutral	Arenoso
3	Dorado sutil	Me gusta tanto la masa como la mermelada, sabe a piña	Huele a piña	Crujiente
4	Dorado	Sabe a piña, buen dulzor	Horneado	Crujiente
5	Dorado	Piña, el dulzor esta bien	Horneado	Un poco arenosa
6	Dorado	Sabe a piña, dulce equilibrado	Horneado	Crujiente
7	Dorado de horneo	Sabor a piña concentrado	Huele a hojaldre	Similar a las capas de un hojaldre

CONSERVANTE BENZOATO DE SODIO				
PARTICIPANTE	COLOR	SABOR	OLOR	TEXTURA
1	La masa tiene buen color, dorado horneado	La masa sabe bien, sin embargo se sintió un poco seca. La mermelada estaba seca no sabe mal, pero el sabor a piña no lo sentí	La masa huele ligeramente a horneado, la mermelada no huele a piña	Arenosa
2	Agradable	Simple	Un poco desagradable no identifíco a que	Arenosa
3	Tiene un color dorado	Agradable en todo momento la masa y mermelada a piña	Huele un poco a horneado	Arenosa
4	Dorado	Se siente la piña	No tiene un aroma muy marcado	Arenosa
5	Dorado	Sabe a piña	Huela a piña	Un poco dura

6	Dorado	No es tan intenso el sabor a piña, no es desagradable pero tampoco me agrada mucho	Huele ligeramente a horneado	Tiende a ser dura
7	Dorado	Sabe a piña	Huele a hojaldre	Crujiente

CONSERVANTE PROPIANATO DE CALCIO

PARTICIPANTE	COLOR	SABOR	OLOR	TEXTURA
1	Me gusta el color, se ve provocativo, el color dorado muy marcado	Sabor a piñas muy débil	La masa huele a horneado, huele bien. No se percibe olor a mermelada de piña	Dura
2	Dorado agradable	Dulce agradable	La masa huele a horneado, olor muy sutil a piña	Duro, similar a una galleta
3	Agradable	Sabe a harina	Huele a harina	Duro
4	Dorado	Piña	Huele sutilmente a harina	Quebradiza
5	Dorado	Sabor a piña	Huele a harina	Arenosa
6	Dorado	Sabor dulce	Huele a harina	Dura
7	Dorado	Piña dulce	Huele a hojaldre	Crujiente

CONSERVANTE GALIMAX FLAVOR

PARTICIPANTE	COLOR	SABOR	OLOR	TEXTURA
1	Me gusta el color dorado, aunque quisiera un color más dorado en el gratín	Se siente sabor a piña en la mermelada, esta un poco seca	La masa huele a horneado y la mermelada no huele a piña	Arenosa
2	Dorado agradable	Sabe a piña, muy agradable	La masa huele a horneado y la mermelada huele sutilmente a piña	Suave
3	Dorado	Se siente el sabor de la piña	Huele a horneado	Arenosa
4	Agradable	Sabe a piña	Huele sutilmente a horneado	Suave
5	Dorado	Sabe a piña	Huele muy poco a horneado	Arenosa

6	Dorado	sabe a piña pero muy dulce	Huele poco a horneado	Suave
7	Dorado de horneo	Se siente sabor a piña en la mermelada	Huele a hojaldre	Suave

Anexo 3.

CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA EL ANÁLISIS SENSORIAL DE EMPANADITAS DULCES

Usted ha sido invitado/a ser partícipe de una prueba de análisis sensorial cuyo propósito es evaluar la percepción sensorial del consumidor en unas muestras de empanaditas dulces rellenas de piña. Esta actividad se desarrolla en el marco de un trabajo de grado denominado "Evaluación de propiedades fisicoquímicas de empanaditas dulces durante el almacenamiento" del Programa de Ingeniería de Alimentos de la Universidad del Valle. Usted deberá contestar algunas preguntas y también le solicitaremos algunos datos personales donde asegurará que no presenta alergias/intolerancias o enfermedades asociadas a alimentos y exonera a la Universidad del Valle de cualquier responsabilidad.

El personal responsable de la prueba mantendrá confidencialidad de la información obtenida. Los datos obtenidos serán utilizados exclusivamente para los fines académicos. Su participación es totalmente voluntaria, por lo que no está obligado/a de ninguna manera a participar en esta actividad. Así mismo tiene la posibilidad de abandonar la evaluación en cualquier momento en el caso que así lo desee. No obstante, ningún producto podrá ser retirado del área de estudio. Usted solo podrá participar del estudio si no tiene ningún tipo de alergia/intolerancia a alimentos y no presenta restricciones médicas en el consumo de alguno de los ingredientes del alimento, por lo que esataria en capacidad de realizar esta degustación.

Si usted accede a participar en este estudio, se le pedirá probar empanaditas dulces rellenas de piña y evaluar la percepción sensorial que tiene de este, por medio de diversas preguntas. El tiempo estimado para esta prueba es de 15 minutos. Los productos que usted va a degustar son aptos para el consumo humano y se han desarrollado garantizando su higiene e inocuidad. Los posibles alérgenos presentes en el alimento corresponden a trigo, gluten, leche, soya y trazas de nueces. Los ingredientes de las empanaditas corresponden a los siguientes:

- Harina de trigo fortificada: harina de trigo fortificada con niacina, hierro, vitamina B1, vitamina B2, ácido fólico.
- Margarina: mezcla de aceites vegetales, agua, sal, leche descremada, emulsificantes (mono y diglicéridos, lecitina de soya), cloruro de potasio, conservantes (sorbato de potasio, ácido sórbico), sinergista (ácido cítrico), saborizante idéntico al natural (sabor mantequilla), antioxidante (BHT), secuestrante (EDTA), vitamina A, colorante (betacaroteno), vitamina D.
- Sal de mesa: Cloruro de sodio
- Pulpa de piña
- Azúcar
- Pectina
- Conservante: ácido sórbico.

Al firmar este consentimiento informado usted acepta que asume personalmente todos los riesgos que se pueden presentar durante el desarrollo de este estudio. Si usted presenta cualquier alteración en su salud relacionada con el consumo del alimento (dolor de estómago, vómito, diarrea, fiebre, malestar general, dificultad respiratoria, fatiga, hinchazón, gases, picazón en la piel) y es usuario del Servicio Médico de la Universidad del Valle acuda al sitio inmediatamente ubicado en la Cra. 80 #13A-11. Si usted no cuenta con el servicio médico de la Universidad, asista inmediatamente a una consulta por urgencias en su servicio de EPS. Adicionalmente, informe de su estado de salud al director del trabajo de grado responsable del estudio Leidy Marcela Montoya Devia al correo leidy.montoya@correounivalle.edu.co o al teléfono 3212100 Ext. 3508 de la Escuela de Ingeniería de Alimentos de la Universidad del Valle.

Por favor responda las preguntas a continuación:

- 1. Está acuerdo con este consentimiento informado y desea participar en la degustación de este producto de manera voluntaria:**

- ☐ Si doy mi consentimiento informado para participar del estudio
☐ No doy mi consentimiento informado para participar del estudio