

EFFECTO DEL EMPAQUE Y TEMPERATURA DURANTE EL ALMACENAMIENTO DE
CEBOLLA DE RAMA (*Allium fistulosum*) MÍNIMAMENTE PROCESADA



Universidad
del Cauca

JAIME DALBERTO ANDRADE ASTAIZA

UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
DEPARTAMENTO DE AGROINDUSTRIA
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
POPAYÁN
2019

EFFECTO DEL EMPAQUE Y TEMPERATURA DURANTE EL ALMACENAMIENTO DE
CEBOLLA DE RAMA (*Allium fistulosum*) MÍNIMAMENTE PROCESADA

JAIME DALBERTO ANDRADE ASTAIZA

Trabajo de grado en la modalidad de Investigación, para optar al título de
Ingeniero Agroindustrial

Director

Ph. D. JOSÉ LUIS HOYOS CONCHA

UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
DEPARTAMENTO DE AGROINDUSTRIA
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
POPAYÁN
2019

NOTA DE ACEPTACIÓN

El Director y los Jurados han leído el presente documento, escucharon la sustentación del mismo por su autor y lo encuentran satisfactorio.

Ph. D. JOSÉ LUIS HOYOS CONCHA
Director

cM. Sc. GONZALO MAURICIO JARAMILLO H.
Presidente del Jurado

M. Sc. IVÁN DARÍO OTERO
Jurado

Popayán, 8 de agosto de 2019

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a aquellas personas que han influido tanto positiva como negativamente en mi existencia, de alguna u otra manera son quienes le han dado forma a la persona en la que hasta el momento me he convertido. En particular, quisiera resaltar a dos personas, dos mujeres que fueron parte de mi crecimiento, por un lado, el cariño, regaños y comprensión de una abuela y por otro lado los cuidados, risas, juegos de palabras y la motivación de nunca dejar el estudio de la tía-abuela y donde sea que estén, infinitas gracias.

En memoria de Alejandrina y Efigenia.

AGRADECIMIENTOS

Inicialmente quiero agradecer a mis padres y hermana por su infinita paciencia y comprensión.

A toda mi familia por el apoyo incondicional y nunca haber perdido la esperanza, a los profesores y profesoras por sus enseñanzas, sus palabras de apoyo y de motivación, a los compañeros del grupo de investigación que siempre estuvieron atentos a darle solución a cualquier inquietud tanto académica como afectiva.

A mis colegas y amigos con quienes hombro con hombro vivimos aventuras y desventuras.

A la Facultad de Ciencias Agrarias y a la Universidad del Cauca por abrir sus puertas y brindar oportunidades a personas que buscamos un mejor futuro y causar un impacto positivo en nuestra sociedad.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	14
1. MARCO REFERENCIAL	15
1.1 LOCALIZACIÓN	15
1.2 MARCO TEÓRICO	15
1.2.1 Cebolla de rama	15
1.2.2 Descripción botánica	15
1.2.3 Agroecología	16
1.2.4 Índice de madurez	16
1.2.5 Usos	16
1.2.6 Pungencia	17
1.2.7 Cebolla de rama a nivel global y a nivel nacional	18
1.2.8 Empaque y conservación de alimentos	18
1.2.8.1 Refrigeración	21
1.2.9 Anova de medidas repetidas	21
1.2.10 Normatividad	21
1.3 MARCO HISTÓRICO	22
2. METODOLOGÍA	24
2.1 EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL EMPAQUE Y TEMPERATURA	25
2.1.1 Firmeza	25
2.1.2 Pérdida de peso	25
2.1.3 Colorimetría por colorímetro	26

	pág.
2.1.4 Evaluación Microbiológica	26
2.1.5 Determinación de pungencia	27
2.2 DISEÑO EXPERIMENTAL	28
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
3.1 FIRMEZA	29
3.1.1 Comparaciones por pares	29
3.2 PÉRDIDA DE PESO	31
3.2.1 Comparaciones por parejas	31
3.3 COLORIMETRÍA	32
3.3.1 Comparaciones por parejas	32
3.4 EVALUACIÓN MICROBIOLÓGICA	36
3.5 DETERMINACIÓN DE PUNGENCIA	38
3.5.1 Comparaciones por parejas	38
4. CONCLUSIONES	40
5. RECOMENDACIONES	41
BIBLIOGRAFÍA	42
ANEXOS	45

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Clasificación taxonómica de la cebolla de rama (<i>Allium fistulosum</i>)	15
Cuadro 2. Contenido nutricional de la cebolla de rama (<i>Allium fistulosum</i>)	17
Cuadro 3. Principales materiales utilizados en el envasado de alimentos	20
Cuadro 4. Diseño experimental para factores que afectan la vida útil de la cebolla de rama (<i>Allium fistulosum</i>)	28
Cuadro 5. Conteo de microorganismos en los diferentes tratamientos aplicados a la cebolla de rama (<i>Allium fistulosum</i>) durante los días de prueba	37

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Principales Departamentos productores de cebolla de rama en Colombia	19
Figura 2. Etapas de la recolección y postcosecha de la cebolla de rama (<i>Allium fistulosum</i>) a) Cultivo, b) Acopio, c) Corte de hojas y limpieza, d) Empacado	24
Figura 3. Medición de la firmeza en cebolla de rama (<i>Allium fistulosum</i>)	25
Figura 4. Medición del color en cebolla de rama (<i>Allium fistulosum</i>)	26
Figura 5. Preparación de la muestra y medición de la pungencia	27
Figura 6. Resumen comportamiento de la carga máxima (N) durante el tiempo de prueba	30
Figura 7. Porcentaje de pérdida de peso de los diferentes tratamientos en la cebolla de rama (<i>Allium fistulosum</i>)	31
Figura 8. Cambio de color de la cebolla de rama (<i>Allium fistulosum</i>) a temperatura ambiente durante el tiempo de prueba (15 días)	32
Figura 9. Cambio de color de la cebolla de rama (<i>Allium fistulosum</i>) a temperatura de refrigeración durante el tiempo de prueba (30 días)	34
Figura 10. Simulación de color con coordenadas CIE L*a*b de los diferentes tratamientos aplicados a la cebolla de rama (<i>Allium fistulosum</i>) durante el periodo de pruebas con temperatura ambiente. a) Sin empaque, b) Empaque microperforado c) Empaque al vacío	35
Figura 11. Simulación de color con coordenadas CIE L*a*b de los diferentes tratamientos aplicados a la cebolla de rama (<i>Allium fistulosum</i>) durante el periodo de pruebas con temperatura de refrigeración. a) Blanco, b) Empaque microperforado, c) Empaque al vacío	36
Figura 12. Concentración de ácido pirúvico en los diferentes tratamientos aplicados a la cebolla de rama (<i>Allium fistulosum</i>) con respecto al tiempo de prueba	38

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Firmeza día 0 a día 30 comparación por parejas tiempo, temperatura y empaque	45
Anexo B. Firmeza día 0 a día 30 - comparación por parejas empaque, temperatura y tiempo	47
Anexo C. Firmeza día 0 a día 30 - comparación por parejas empaque, tiempo y temperatura	50
Anexo D. Pérdida de peso día 0 a día 30 - comparación por parejas tiempo, temperatura y empaque	51
Anexo E. Pérdida de peso día 0 a día 30 - comparación por parejas empaque temperatura y tiempo	52
Anexo F. Pérdida de peso día 0 a día 30 - comparación por parejas empaque, tiempo y temperatura	53
Anexo G. Colorimetría día 0 a día 30 - comparación por parejas tiempo, temperatura y empaque	54
Anexo H. Colorimetría día 0 a día 30 - comparación por parejas empaque, temperatura y tiempo	56
Anexo I. Colorimetría día 0 a día 30 - comparación por parejas empaque, tiempo y temperatura	59
Anexo J. Pungencia día 0 a día 30 - comparación por parejas tiempo, temperatura y empaque	60
Anexo K. Pungencia día 0 a día 30 - comparación por parejas empaque, temperatura y tiempo	62
Anexo L. Pungencia día 0 a día 30 - comparación por parejas empaque, tiempo y temperatura	64

GLOSARIO

CARGA MÁXIMA: es la resistencia a la rotura de un material que está sometido a un esfuerzo de tracción y sus unidades son el Newton (N).

COLIFORMES: es una calificación genérica de especies bacterianas que de similares características bioquímicas que actúan de indicadores de contaminación en agua y alimentos.

COLORIMETRÍA: es la ciencia que se encarga de la cuantificación del color y mide una longitud de onda específica según el espectro visible.

EFFECTO LACRIMÓGENO: es el efecto que genera una sustancia al entrar en contacto con la piel, ojos, boca, nariz y causa lagrimeo, irritación y en algunos casos ceguera temporal.

EMPAQUE AL VACÍO: es un método de empaque con atmosferas modificadas que consiste en retirar el aire del interior de la bolsa o envase con el fin de prolongar la vida útil del alimento.

EMPAQUE MICROPERFORADO: es un empaque que posee aberturas en micrómetros, de tal manera que permita un mínimo intercambio gaseoso, pero protegiendo el alimento de insectos o suciedad durante el almacenamiento.

ESCALA CIELAB: es una escala utilizada para correlacionar los valores numéricos del color con la percepción visual humana.

MESÓFILOS: microorganismos que son afines a temperaturas de crecimiento óptima entre los 15°C y los 35°C. se usa como índice de contaminación en alimentos

PUNGENCIA: es un efecto ocasionado por compuestos que activan los receptores neuronales TRPV1 (receptor potencial transitorio vainilloide tipo 1) provocando las sensaciones de picor, calor e incluso dolor.

SENESCENCIA: en alimentos son los cambios fisicoquímicos y microbiológicos que se dan por el paso del tiempo y generan deterioro de los mismos.

RESUMEN

Con el fin de prolongar la vida útil de un alimento tan susceptible al deterioro como lo es la cebolla de rama (*Allium fistulosum*) las comunidades que cultivan esta planta buscan el apoyo de entidades académicas como la Universidad del Cauca, la cual siempre busca estar a la vanguardia en avances tecnológicos mediante la investigación. Se elaboró un diseño experimental evaluando dos tipos de empaques; al vacío y microperforado, a dos temperaturas diferentes, ambiente y refrigeración durante un periodo de 30 días, en intervalos de cinco días, se evaluaron características fisicoquímicas y microbiológicas tales como firmeza, pungencia, color y crecimiento de coliformes, mesófilos, mohos y levaduras, encontrando gran favorabilidad en las cebollas empacadas al vacío y almacenadas a temperatura de refrigeración.

Palabras clave: Pungencia, Firmeza, Colorimetría, Coliformes, Empaques microperforados, Empacado al vacío.

ABSTRACT

In order to prolong the useful life of a food as susceptible to deterioration as branch onion (*Allium fistulosum*), the communities that cultivate this plant seek the support of academic entities such as the Universidad del Cauca, which always seeks to be the vanguard in technological advances through research. An experimental design was developed evaluating two types of packaging; vacuum and microperforated, at two different temperatures, environment and refrigeration during a period of 30 days, in intervals of five days, physicochemical and microbiological characteristics such as firmness, pungency, color and growth of coliforms were evaluated, mesophiles, molds and yeasts, finding great favorability in onions packed in vacuum and stored at refrigeration temperature.

Key words: Pungency, Firmness, Colorimetry, Coliforms, Microperforated packaging, Vacuum packing.

INTRODUCCIÓN

La cebolla de rama es una de las principales hortalizas cultivadas en Colombia, ocupó el primer lugar de participación en la producción total de hortalizas, verduras y legumbres del país y el tercer lugar en cuanto al área total sembrada según la Encuesta Nacional Agropecuaria del DANE en el año 2016. Entre los principales productores de cebolla de rama en Colombia se encontró a los Departamentos de Boyacá, Nariño y Valle del Cauca y de igual forma fueron los de mayor área sembrada del país (DANE, 2016). Aunque el Departamento del Cauca tiene una baja participación en el mercado y escasa área sembrada, en este momento se está incentivando el cultivo y propagación de cebolla. Los cultivadores del Municipio de Silvia buscan promover dichos cultivos, pero no cuentan con el conocimiento y la tecnología adecuada que les permita dar valor agregado, llegar a nuevos mercados, y disminuir las pérdidas postcosecha que durante la época de abundancia alcanzan el 30%, por tal motivo se detecta un vacío en las investigaciones en cuanto al comportamiento de este producto a nivel local.

Los campesinos e indígenas productores de cebolla requieren de investigaciones que permitan reducir las pérdidas por descomposición de la cebolla de rama, dado a que es un producto que no tiene una adecuada manipulación desde su cosecha y postcosecha, generalmente se empaqueta y transporta en condiciones poco apropiadas para la hortaliza y se comercializa directamente en las plazas de mercado, expuesta a las variantes climáticas del lugar. Con el estudio se busca disminuir gran parte de las pérdidas del producto, evitar la exposición directa al ambiente, darle valor agregado e incrementar el tiempo en estantería y lograr abarcar parte de un mercado más especializado. Para lo cual existen técnicas de laboratorio que permiten comparar las características físicas, químicas y microbiológicas que determinaran cuál de los métodos ofrece una mejor conservación del producto durante el tiempo de almacenamiento determinado.

Con el desarrollo de este trabajo se realizó una evaluación de dos factores relevantes en la conservación de la cebolla de rama (*Allium fistulosum*), la temperatura de almacenamiento y el tipo de empaque, permitiendo prolongar la vida útil después de ser adecuada o mínimamente procesada. Entre las variables que se ven notablemente afectadas durante el tiempo de almacenamiento están las de tipo físico como la firmeza y la pérdida de peso, las de tipo químico como lo es el cambio de color y la pungencia, y finalmente los cambios de tipo microbiológico.

1. MARCO REFERENCIAL

1.1 LOCALIZACIÓN

Las muestras se tomaron en la cooperativa Las Delicias en la vereda San Fernando del municipio de Silvia, Cauca. El desarrollo de la investigación se llevó a cabo en los laboratorios de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad del Cauca, ubicada en el municipio de Popayán, vereda las Guacas, con coordenadas geográficas 2°27'0.000" latitud Norte, 76°37'0.000" latitud oeste del meridiano de Greenwich temperatura promedio de 18°C y precipitación promedio de 2000 mm/año (Alcaldía Municipal de Popayán POT).

1.2 MARCO TEÓRICO

1.2.1 Cebolla de rama. La cebolla de rama fue el principal cultivo de *Allium* en China y Japón, en donde se ha cultivado durante más de 2.000 años y sigue teniendo gran importancia. Se introdujo a Colombia por los españoles al inicio de la Colonia. Se siembra especialmente en Asia, siendo China, Corea, Japón y Taiwán los principales países productores. En América Latina, Colombia es el principal productor, en donde se conoce con los nombres de cebolla de rama, cebolla junca, cebolla de tallo, cebolla de hoja, cebolla larga y cebolla verde; en Venezuela, cebollín; en Argentina, cebolla de verdeo; en Paraguay, cebollita; en Perú, cebolla china; en el mundo es más conocida como cebolla de manojo japonesa (Japanese Bunching Onion), cebolla de gales (Welsh Onion), cebolla de primera (Scallions), cebolla verde, cebolla de tallo, cebolla de hojas, cebollón y cebolleta (Sánchez, 2012).

La cebolla de rama pertenece a la familia de las Liliáceas (Cuadro 1), su nombre científico es *Allium Fistulosum Linnaeus*, es una planta bienal, cultivada como anual. El sistema radical es de tipo fascicular, con raíces tiernas que profundizan hasta 50 centímetros. Un disco subcónico, que presenta un tallo con entrenudos muy cortos, constituye la base del bulbo (Sánchez, 2012).

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de la cebolla de rama (*Allium fistulosum*)

Clase	<i>Monocotiledoneae</i>
Superorden	<i>Liliflorae</i>
Orden	<i>Asparagales</i>
Familia	<i>Alliaceae</i>
Tribu	<i>Alliae</i>
Género	<i>Allium</i>

Fuente: Sánchez *et al.*, 2012.

1.2.2 Descripción botánica. La cebolla de rama está formada por un conjunto de gajos que brotan de un mismo lugar, tiene cuatro partes fundamentales: raíz, tallo, seudotallo y

hojas. Crece diametral y longitudinalmente, en forma tubular; las nuevas capas se van formando en su interior, es decir, viene una dentro de la otra de forma consecutiva. Los primordios los cuales son células meristemáticas van creciendo dentro de las envolturas interiores y cuando alcanzan determinada longitud rompen el seudotallo y emerge la parte verde de la hoja mediante un proceso continuo; mientras tanto, la hoja exterior se va marchitando. El gajo puede estar conformado hasta por nueve envolturas bien definidas (Sánchez, 2012).

1.2.3 Agroecología. El cultivo de la cebolla de rama en Colombia se encuentra en casi todos los pisos térmicos, pero las zonas productoras más importantes están ubicadas en el clima frío, las condiciones agroecológicas más adecuadas para el desarrollo del cultivo de la cebolla de rama o cebolla junca son una temperatura de entre 11°C a 20 °C, una altura sobre el nivel del mar de 1.500 a 3.000 metros, suelos de textura media franca (F) a franco-arcillosa (FAr), profundos, con buena retención de humedad y medio a alto contenido de materia orgánica, ligeramente ácidos a neutros con pH 6,2-7,3 y no salinos, la semilla se puede reproducir sexual y vegetalmente, para lo cual requiere material genético certificado, que provenga de plantas sanas, vigorosas y de alto rendimiento. Si se utilizan tallos, se deben descalzetar, desbotonar y desinfectar; otra alternativa es la propagación in-vitro de semilla mediante el cultivo de meristemas (DANE, 2015).

Dentro de las plagas más comunes que atacan a la cebolla de rama, se tienen las chisas, los trozadores o tierreros, las babosas y caracoles, las moscas de la raíz de la cebolla, los trips y el minador de la cebolla (DANE, 2015).

1.2.4 Índice de madurez. Son indicadores que permiten determinar el momento oportuno de cosecha con base en las características que desea el consumidor (Ortiz, 2012). Para todas las variedades se utilizan los siguientes índices de madurez:

Color. Las hojas toman un color verde azulado y el seudotallo se cubre de calcetas (hojas superficiales) amarillentas.

Forma. Las hojas se inclinan en forma umbelada (hojas que nacen en el mismo punto del tallo tienen casi igual altura).

Tamaño. Se establece de acuerdo con la variedad sembrada, según longitud y grosor.

1.2.5 Usos. El uso más común de la cebolla de rama es como condimento para la gran variedad de platos de la gastronomía nacional. El sabor y olor picante, denominado pungencia, es producido por compuestos azufrados. La mayor parte del azufre se encuentra en forma de aminoácidos no proteicos, que incluyen los precursores de los compuestos volátiles de aroma y sabor o lo que se conoce como pungencia. Cuando se daña el tejido fresco de la cebolla, es decir en el corte, estos precursores reaccionan con la enzima alinasa,

liberando ácidos sulfénicos, amoníaco y piruvato. La enzima mencionada se encuentra en las vacuolas celulares, mientras que los precursores del aroma y el sabor (sulfóxidos de cisteína) están en el citoplasma, probablemente en el interior de las pequeñas vesículas que se asocian con su presencia en la célula. Una vez expuestos al aire, los ácidos sulfénicos experimentan una reordenación espontánea y se interrelacionan produciendo una amplia gama de productos volátiles (Sánchez, 2012).

Es muy probable que los precursores del aroma y el sabor tengan que ver con la defensa química de la planta ya que originan muchos compuestos con fuertes efectos fisiológicos sobre otros organismos, tanto por disuadir a animales fitófagos, como por ser tóxicos para hongos y bacterias invasoras. Se ha identificado, de forma provisional, a la alicina como fungicida o fungistática ante una serie de hongos fitopatógenos (Sánchez, 2012).

La cebolla o sus extractos han demostrado que son útiles para la inhibición y tratamiento de diferentes tipos de cáncer, esto se debe a que poseen una gran cantidad de compuestos importantes, tales como los flavonoides y derivados de azufre (sulfóxidos de cisteína) dichos compuestos actúan en diferentes fases del ciclo de las células cancerígenas. Dichos compuestos también actúan de forma indirecta sobre una de las causas de cáncer intestinal como lo es la bacteria *Helicobacter pylori* (Merino, 2017).

La cebolla de rama es ideal para deshidratarla, porque tiene un elevado porcentaje de materia seca, también posee buen contenido de fibra como en minerales, especialmente calcio y hierro (Cuadro 2). Las hojas, por otra parte, presentan altos contenidos de vitaminas A, B y C, superiores a otras especies hortícolas que se consumen por la hoja. (Sánchez, 2012).

Cuadro 2. Contenido nutricional de la cebolla de rama (*Allium fistulosum*)

Componente	Contenido
Agua (%)	92
Energía (kcal)	25
Proteína (g)	1,7
Grasa (g)	0,1
Carbohidratos (g)	5,6
Fibra (g)	0,8
Magnesio (mg)	-
Calcio (mg)	60
Fósforo (mg)	33
Hierro (mg)	1,9
Sodio (mg)	4
Potasio (mg)	2,7

Fuente: Sánchez *et al.*, 2012.

1.2.6 Pungencia. El efecto picante o pungente es producido por compuestos como capsaicinoides, piperina y gingeroles, que están presentes en especias y vegetales como

pimienta negra, jengibre, mostaza, rábano, cebolla, ajo, clavo y chile. La pungencia se describe como un conjunto de sensaciones trigeminales no específicas que producen dolor quemante, aguijoneo, irritación y lagrimeo que se conoce colectivamente como picante. El término trigeminal se refiere a los nervios que corren del cerebelo a la cara y las cavidades bucal y nasal (Badui, 2006).

1.2.7 Cebolla de rama a nivel global y a nivel nacional. A nivel global China ocupa el primer puesto en producción de cebolla, según la FAO, en el 2016 el país produjo un total de 1'033.369 toneladas, seguido de Níger con 679.698 toneladas, en tercer lugar, Japón con 449.749 toneladas, en cuarto lugar, está Malí con 529.413 toneladas y en quinto lugar se encuentra Grecia con 415.969 toneladas producidas.

En Colombia para el año 2016, el área total sembrada de cebolla de rama fue de 21.055 hectáreas, lo cual indica un 9,5% de participación respecto a las 220.773 hectáreas totales sembradas de hortalizas, verduras y legumbres en todo el país; y el área cosechada fue de 22.516 de un total de 212.510 hectáreas totales cultivadas con una producción de 515.810 toneladas (DANE, 2017).

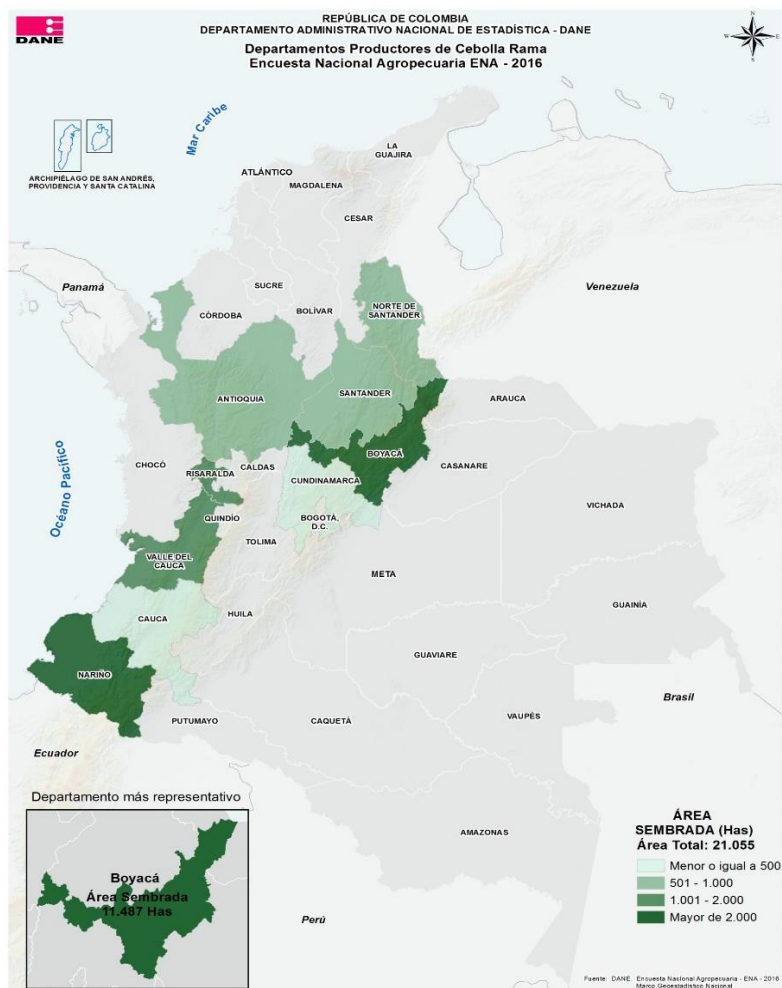
En cuanto a los Departamentos de mayor producción de cebolla de rama en Colombia para el año 2016 (Figura 1), el Departamento de Boyacá ocupó el primer lugar con un área total de 11.487 hectáreas de cebolla sembrada, 12.471 hectáreas cosechadas y una producción de 379.348 toneladas, con un rendimiento de 30,4 toneladas por hectárea. En segundo lugar, se encontró al Departamento de Nariño con 2.123 hectáreas de área sembrada, 4.517 hectáreas cosechadas y una producción de 58.449 toneladas, con un rendimiento de 12,9 toneladas por hectárea. En tercer lugar, el Departamento del Valle del Cauca tuvo un total de 1.027 hectáreas sembradas, 1.598 hectáreas cosechadas y un total de 24.060 toneladas producidas, con un rendimiento de 15.1 toneladas por hectárea (DANE, 2017).

El Departamento del Cauca en comparación con los mayores productores de cebolla de rama del país presenta una baja porción de área sembrada, según la encuesta nacional agropecuaria del 2016 solo contó con 18 hectáreas, una pequeña fracción del total nacional, de igual forma se observa su baja participación en cuanto al área cosechada fue de 118 hectáreas y una producción de 546 toneladas, con un rendimiento de 4,6 toneladas por hectárea (DANE, 2017). El municipio de Silvia al estar situado en el nor-oriente del Departamento del Cauca, entre los 2°47'37" y 2°31'24" de latitud norte y entre los 76°10'40" y 76°31'05" de longitud al occidente del meridiano de Greenwich, sobre el flanco occidental de la cordillera central, con una extensión total de 662,4 Km², altitud de la cabecera municipal de entre 1.800m.s.n.m. y 3.800m.s.n.m. y una temperatura media está entre los 12°C y 21° C brinda unas óptimas condiciones para el cultivo de la cebolla (Alcaldía Silvia, 2018).

1.2.8 Empaque y conservación de alimentos. El envase es un envoltorio que tiene contacto directo con el contenido de un producto, tiene la función de ofrecer una adecuada presentación, facilitando su manejo, transporte, almacenaje, manipulación y distribución.

Esto, más las connotaciones simbólicas integradas al producto, reforzando su imagen o deteriorándola, son la meta que cubren la forma más la imagen gráfica que se le proporciona al envase, por otra parte, el empaque es la presentación comercial del producto, contribuye a la seguridad de éste durante el desplazamiento, y logra su venta; le otorga una buena imagen y lo distingue de la competencia. El empaque es la manera de presentar el producto terminado en el punto de venta (Pérez, 2012).

Figura 1. Principales Departamentos productores de cebolla de rama en Colombia



Fuente: DANE, 2017.

Las características del empaque de las frutas y hortalizas son determinantes para evitar riesgos y perjuicios por oxidaciones, pérdidas de color, por la desecación, la proliferación de masas microbianas y otras contaminaciones en el empaquetado de frutas y hortalizas, así como para protegerlo contra gases y olores. La elección de la película o empaque a utilizar va relacionada con el tiempo en que se desee que la fruta u hortaliza permanezca empaquetada, así como con la temperatura del sitio de conservación (Ospina, 2008).

En cuanto a los materiales de envasado suelen emplearse polímeros que dependerá de las características del alimento que vaya a ser empacado (Cuadro 3).

Cuadro 3. Principales materiales utilizados en el envasado de alimentos

Película	Permeabilidad a los gases (cm ³ /m ² ·día·atm) películas de 25µ 25°C			Transmisión de vapor de agua (g/m ² ·día) 38°C 90% HR	Resistencia a grasas y aceites
	O ₂	CO ₂	N ₂		
Polietileno de baja densidad (LDPE)	7800	42000	2800	18	Pobre
Polietileno de alta densidad (HDPE)	2600	7600	650	7-10	Buena-excelente
Polipropileno (PP) fundido	3700	10000	680	10-12	Buena
Polipropileno orientado	2000	8000	400	6-7	Buena-excelente
Etileno-acetato de vinilo (EVA)	12500	50000	4900	40-60	Pobre
Policloruro de vinilo (PVC) rígido	150-350	150-350	60-150	30-40	Excelente
Policloruro de vinilo (PVC) plastificado	500-30000	1500-46000	300-10000	15-40	Buena
Poliamida (PA) o Nylon-6	40	150-190	14	84-3100	Excelente
Poliamida (PA) o Nylon-11	500	2000	52	5-13	Excelente
Politereftalato de etilenglicol (PET) o poliéster, orientado	50-130	180-390	15-18	25-30	Excelente
Poliestireno (PS), orientado	5000	18000	800	100-125	Buena
Etileno-alcohol vinílico (EVOH)	3-5	-	-	16-18	-
Ionómeros	6000	6000	-	25-35	Pobre

Fuente: García *et al.*, 2006.

Las estructuras multicapa formadas por polímeros distintos cuentan con una permeabilidad muy baja y preservan mejor la atmósfera interna del envase (García, 2006).

Algunos de los factores que afectan la calidad del producto pueden ser:

Algunas características fisicoquímicas, la actividad de agua, pH, potencial oxido-reducción redox, etc. La composición del producto (nutrientes disponibles para el crecimiento de microorganismos, presencia de componentes antimicrobianos naturales, actividad enzimática). Características organolépticas iniciales, las condiciones sanitarias de la materia prima (BPM) y del producto final antes de su envasado

1.2.8.1 Refrigeración. consiste en la conservación de los productos a temperatura por encima de su temperatura de congelación. En general, la refrigeración se da entre -1°C y 8°C . todo con el fin de conservar el valor nutricional y las características organolépticas del producto y procurar que no se diferencien a las que poseía al inicio de su almacenamiento.

La refrigeración evita el crecimiento de los microorganismos termófilos que crecen a una temperatura arriba 45°C como *Bacillus* y *Clostridium* y de muchos mesófilos que crecen (o logran sobrevivir) en temperaturas de entre -5°C y -7°C como bacterias, además de algunas algas y hongos. Sin embargo, lograr conservar un buen producto depende de la temperatura y las condiciones de almacenaje. La vida útil depende de del tipo de alimento, intensidad del procesamiento recibido (fundamentalmente sobre los microorganismos y enzimas), higiene en la elaboración, el envasado y el tipo de envase, entre otros (Umaña, 2011).

1.2.9 Anova de medidas repetidas. En la investigación de mercados, con frecuencia hay grandes diferencias en los antecedentes y las características individuales de los participantes. Si esta fuente de variación puede separarse de los efectos del tratamiento (efectos de la variable independiente) y del error experimental, entonces mejora la sensibilidad del experimento. Una forma de controlar las diferencias entre sujetos consiste en observar a cada uno de ellos bajo cada condición experimental. En este sentido, cada sujeto sirve como su propio control. Debido a que se obtienen medidas repetidas de cada sujeto, a este diseño se le conoce como diseño dentro de sujetos o análisis de varianza de medidas repetidas. En este análisis no se cumple el supuesto que esbozamos antes, de que cada sujeto sólo se ve expuesto a una condición de tratamiento, situación que se conoce como diseño entre sujetos. El análisis de varianza de medidas repetidas se considera una extensión de la prueba t de muestras pareadas cuando existen más de dos muestras relacionadas (Malhotra *et al.*, 2008).

1.2.10 Normatividad. Existen variedad de normas, códigos y directrices tanto nacionales como internacionales que dan una guía para el adecuado desempeño dentro de los laboratorios y el manejo de las muestras a evaluar, por esta razón se hace referencia a las normas vigentes que pueden aplicarse a este tipo de estudio.

Entre las normas de interés a nivel internacional se encuentran la CAC/GL 17-1993. Directrices sobre procedimientos básicos para la inspección visual de lotes de alimentos envasados. CAC/GL 30-1999. Principios y directrices para la aplicación de la evaluación de riesgos microbiológicos. La CAC/GL 50-2004. Directrices generales sobre muestreo.

Entre la normatividad nacional se encuentra la NTC 6005. Alimentos mínimamente procesados. NTC 4519. Microbiología de los alimentos para consumo humano y animal. Método horizontal para el recuento de microorganismos. Técnica de recuento de colonias a 30°C . NTC 4132. Microbiología. Guía general para el recuento de mohos y levaduras. Técnica de recuento de colonias a 25°C . NTC 4516. Microbiología de alimentos y productos de alimentación animal. Método horizontal para la detección y enumeración de coliformes, técnica del número más probable.

1.3 MARCO HISTÓRICO

Algunos estudios realizados anteriormente referentes a la conservación de cebolla de rama están enfocados en preservar sus características aplicando diferentes niveles de proceso al producto.

González *et al.* (2011), realizaron estudios referentes a la conservación de (*Allium fistulosum*) mínimamente procesada el objetivo de esta investigación fue determinar la relación entre el deterioro visual del producto y los cambios generados en las propiedades mecánicas y acústicas de este. Se utilizó cebolla de rama cultivada en Aquitania, Boyacá Colombia, sometida a condiciones: empaque a vacío (10 mbar) y sin empaque (HR 68%); y almacenada a 4°C y 16°C, hasta deterioro por apariencia visual. El análisis acústico-mecánico y el análisis de deterioro visual realizado sobre cebolla mínimamente procesada permitieron determinar, el tiempo en el cual se obtiene el punto mínimo de disminución de la calidad visual, esto coincide con la disminución del atributo de crujencia, el cual puede ser considerado como una característica de frescura para los productos hortícolas mínimamente procesados. La relación entre los atributos evaluados bajo las condiciones de almacenamiento y durante el período de tiempo estimado, mostró que el comportamiento de deterioro es altamente dependiente de la temperatura y de la condición de empaque, por tanto, se recomienda indicando como mejor condición para el mantenimiento de la calidad visual el empleo de empaque a 4°C para la cebolla de esta variedad, comparada con el almacenamiento sin empaque a temperatura ambiente.

Machado, (2012), en su investigación propuso plantear una metodología que permitiera la conservación de la cebolla junca (*Allium fistulosum* L) para ampliar su vida útil, con el cual determinó que la obtención de la cebolla Junca deshidratada reduce eficazmente la pérdida por descomposición de esta hortaliza, a su vez le abre campo para que pueda ser comercializada en otras regiones; lo cual conlleva a disminuir la pérdida de la cebolla junca que se desaprovecha en el cultivo debido a la falta de un sistema de conservación de la misma, permitiéndoles a los consumidores utilizar una cebolla ya procesada la cual conserva todas las características de la cebolla Junca sin procesar. En consecuencia, en los sitios donde no se distribuye la cebolla por la sustancia lacrimógena que esta produce y por su olor penetrante fácilmente podrían distribuirla. Ya que la cebolla junca estará picada, molida y lista para el consumo humano.

El trabajo realizado por Nova y Ovalle, (2016) evaluaron dos clones de cebolla de rama en la fabricación de pasta de cebolla y su comportamiento fisicoquímico en dos envases diferentes, el objetivo de esta investigación fue hacer una evaluación comparativa entre clones de cebolla de rama de los cuales dos provenían del municipio de Aquitania y dos del municipio de Tota (Boyacá). Se centró en el procesamiento industrial para la elaboración de pasta de cebolla para condimentar, utilizando dos envases poliméricos diferentes, con el fin de observar su comportamiento y diferencias post-procesamiento durante un periodo de almacenamiento. Entre los resultados que obtuvieron están que los clones son aptos para el procesamiento industrial como pasta de cebolla desde el punto de vista fisicoquímico, pues la pasta a temperatura ambiente durante las cinco semanas del estudio mantuvo

estable el sabor pungente (alto) y conservó sus características sensoriales y fisicoquímicas. También se encontró que los envases evaluados (polietileno y bioalumin) lograron preservar todas las características fisicoquímicas estudiadas en la pasta durante su almacenamiento, además se presentaron diferencias significativas únicamente en el parámetro cromaticidad, donde el envase bioalumin mantuvo colores más intensos en las semanas 2 y 3. En ese sentido, se considera adecuado el uso de estos clones para la industrialización del producto, ya que poseen buenas características mecánicas, versatilidad de manipulación y son accesibles económicamente. Y finalmente se logró determinar la viabilidad industrial de nuevas variedades de cebolla de rama para la producción de pasta, lo que puede beneficiar a los agricultores que dependen de esta hortaliza en Colombia y contribuir a la reducción de las pérdidas postcosecha de cebolla, abriendo el camino para la incursión en otros mercados de consumo por las características propias del producto.

2. METODOLOGÍA

Para las pruebas preliminares y el montaje del diseño experimental se utilizó cebolla de rama (*Allium fistulosum*), variedad pastusa, material entregado por la cooperativa Las Delicias, ubicada en la vereda San Fernando del Municipio de Silvia, Cauca. Dicho material vegetal fue procesado mínimamente teniendo en cuenta algunas de las condiciones a las que se expone durante su adecuación.

El material vegetal (figura 2, a) fue recolectado en horas de la mañana con ayuda de la comunidad de la cooperativa, se seleccionó plantas con una madurez óptima (4 meses después de la siembra) de cosecha y fueron cosechadas cuidadosamente para evitar el daño en los pseudotallos. Se realizó labores de limpieza en el mismo sitio de recolección, tales como el corte de raíces, el primer corte de hojas y un descalcetado inicial.

Figura 2. Etapas de la recolección y postcosecha de la cebolla de rama (*Allium fistulosum*)
a) Cultivo, b) Acopio, c) Corte de hojas y limpieza, d) Empacado



El material vegetal se acopió en canastillas plásticas para ser transportado hasta la Planta Piloto de Tecnología de Vegetales de la Facultad de Ciencias Agrarias - Universidad del Cauca (figura 2, b), donde se realizó un segundo corte de hojas y de raíces (también parte del tallo) dejando las muestras de un tamaño uniforme de 24 centímetros (figura 2, c). Dependiendo del tratamiento propuesto las muestras fueron empacadas en bolsa de polietileno microperforada (22 x 30 cm, 90 μ m,) y en bolsas de polietileno para vacío (22 x 30 cm, 120 μ m), la cantidad de tallos por bolsa dependió del tipo de prueba (figura, d).

Finalmente, las muestras que requerían ser almacenadas a temperatura ambiente ($20 \pm 2^\circ\text{C}$) se acopiaron en el área de postcosecha de la planta piloto de Tecnología de Vegetales y las muestras que requerían temperatura de refrigeración (4°C) se dejaron en los refrigeradores de esta misma planta.

2.1 EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL EMPAQUE Y TEMPERATURA

Con el fin de establecer el efecto del empaque y la temperatura de almacenamiento, se evaluaron diferentes características físico-químicas y microbiológicas durante 30 días, tomando muestras cada 5 días, para determinar el tratamiento que prolongue la vida útil de la cebolla y conserve en mayor grado dichas características. Las pruebas que se realizaron se describen a continuación.

2.1.1 Firmeza. Este análisis se realizó por triplicado (cada réplica con 10 repeticiones) para cada uno de los tratamientos. Se seleccionaronseudotallos uniformes, realizando un corte entre el tallo y elseudotallo de aproximadamente 3 cm (figura 3, a). Con el objetivo de medir la fuerza de compresión (o penetración) de las muestras, se empleó la Máquina Universal de Ensayos EZ-L SHIMADZU (Japón) según la norma ASTM D6951, émbolo de 5 mm, límite de recorrido de 3,5 mm y velocidad de recorrido del embolo de 20 mm/min. Antes de procesar cada muestra se midió el diámetro en tres puntos y se realizó un promedio el cual fue ingresado al software TRAPECIUM. Las muestras fueron colocadas sobre la base metálica de tal forma que no quedaran espacios horizontalmente (figura 3, b). Esta prueba fue realizada en el Laboratorio de Reología y Empaque de la Facultad de Ciencias Agrarias.

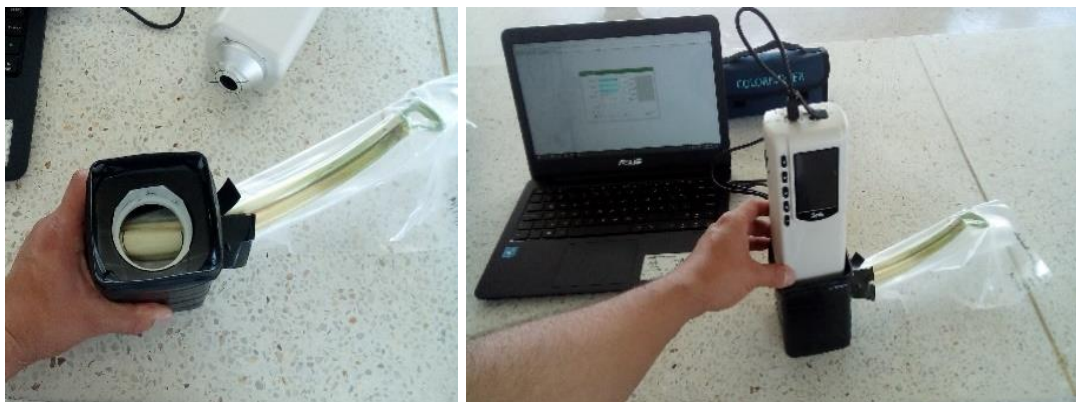
Figura 3. Medición de la firmeza en cebolla de rama (*Allium fistulosum*)



2.1.2 Pérdida de peso. Para esta prueba se emplearon 5 réplicas por tratamiento. En una balanza electrónica Fenix Lexus se realizó un pesaje inicial y de igual manera un pesaje final (día 15 para las muestras a temperatura ambiente y día 30 para las muestras refrigeradas), el lixiviado fue eliminado y losseudotallos fueron secados con toallas absorbentes. Estas pruebas se realizaron en la Planta Piloto de Tecnología de Vegetales de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad del Cauca.

2.1.3 Colorimetría por colorímetro. Esta prueba tuvo 5 réplicas por cada tratamiento y se realizó un cambio en el equipo de medición. Se empleó un colorímetro 3nh NR20XE, abertura de 20mm, sensor fotodiodo de silicio, fuente luminosa D65 tipo Led, escala CIE L*a*b* y rango de error $\leq 0,50\Delta E^*ab$. El software empleado fue el CQCS3 versión 3.4.5 (C) Shenzhen 3NH Technology Co., Ltd. Se buscó evitar posibles interferencias cubriendo el área de contacto alrededor del equipo (Figura 4).

Figura 4. Medición del color en cebolla de rama (*Allium fistulosum*)



La amarillez está asociada con el quemado, la suciedad y la degradación general del producto por la luz, la exposición química y el procesamiento. Los índices de amarilleo se utilizan principalmente para cuantificar estos tipos de degradación con un solo valor. Se pueden utilizar cuando se miden líquidos o sólidos claros, casi incoloros en transmisión y sólidos opacos casi blancos, en reflectancia.

$$YI = 142,86 \frac{b^*}{L^*} \quad (\text{Ec. 1})$$

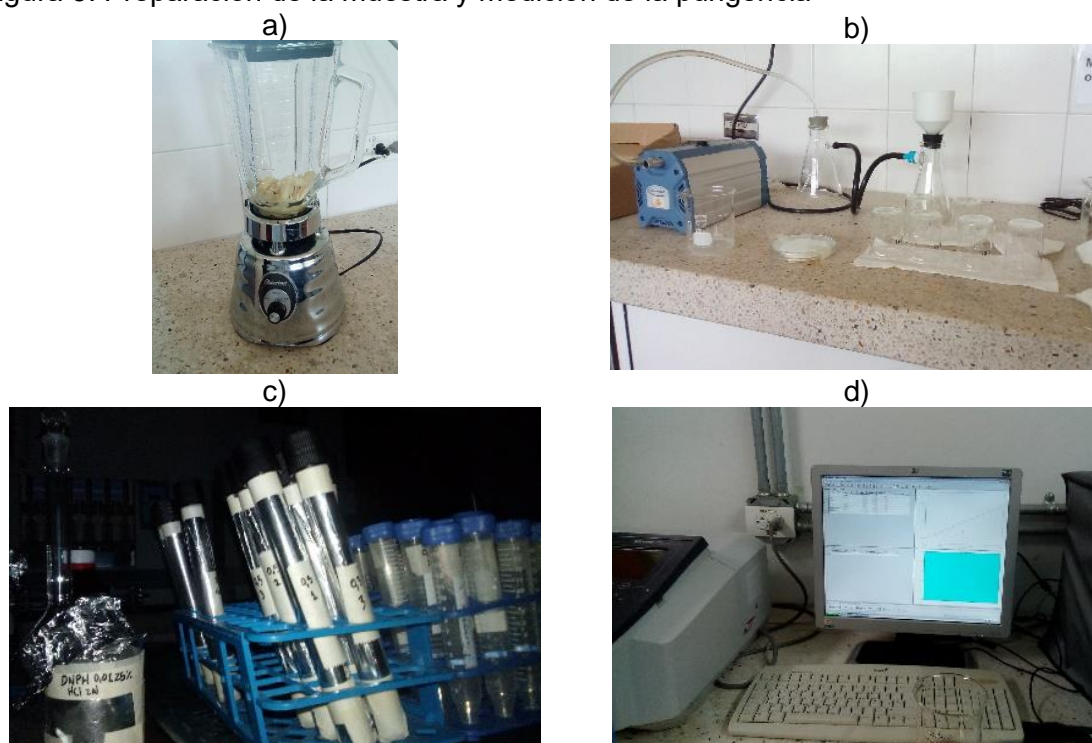
Esta prueba se realizó en la Planta Piloto de Tecnología de Vegetales de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad del Cauca.

2.1.4 Evaluación Microbiológica. Para esta prueba realizó el recuento de mesófilos aerobios, coliformes totales, hongos (mohos) y levaduras. Estas pruebas microbiológicas se realizaron por triplicado y fueron llevadas a cabo de acuerdo con las Normas Técnicas Colombianas. El recuento de mesófilos aerobios según NTC 4519 se realizó en Agar Plate Count (PCA) incubando las muestras a 35°C por 48h; el recuento de mohos y levaduras según NTC 4132 se determinó por siembra en Chloramphenicol Yeast Glucose Agar (YGC) a 25 °C durante un periodo de 3 a 5 días; Para realizar el conteo de coliformes totales, se utilizó el método del número más probable (NMP) según NTC 4516 por siembra en tubos de fermentación en caldo verde bilis brillante (Brila) a una temperatura de incubación de 35°C por 24 a 48 horas. Estas pruebas se realizaron en el Laboratorio de Biotecnología de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad del Cauca.

2.1.5 Determinación de pungencia. Para determinar el grado de pungencia de las cebollas se utilizó un método indirecto mediante la estimación del ácido pirúvico. Este método fue descrito por Schwimmer y Weston (1960) y se realizaron algunas variaciones en el procedimiento.

Para la extracción de las muestras se obtuvo el jugo de la cebolla mediante licuado (2 min, nivel 1) de los seudotallos con agua destilada en proporción 1:1 p/p en una licuadora marca osterizer (figura, a) y tamizado (cernidor comercial entre 500 μ m y 600 μ m de abertura aprox.). El jugo obtenido se centrifugó en tubos falcon de 15 mL en una centrifuga marca hermle a 4500 RPM durante 12 minutos. Se realizó filtrado al vacío (figura, b). Las muestras se prepararon diluyendo 1,25 mL del jugo clarificado en 50 mL de agua destilada; 1 mL de esa disolución se añadió a un tubo de vidrio de 15 mL con tapa rosca, previamente cubierto con papel aluminio (figura, c), 1 mL de 2,4 dinitrofenilhidracina (0.0125%) en HCl 2N y 1 mL de agua destilada. La mezcla se agitó en vortex Maxi Mix II durante 10 segundos a velocidad media y se incubó durante 10 minutos a 37°C en un baño termostatado con reflujo marca Polystat. Transcurrido este tiempo, se añadieron 5 mL de NaOH 0.6 N, para detener la reacción. La absorbancia se midió en un espectrofotómetro Shimadzu UV-1800 a 420 nm con celda de cuarzo (figura, d).

Figura 5. Preparación de la muestra y medición de la pungencia



La absorbancia obtenida en el software UVPROBE del espectrofotómetro UV fue empleada para calcular la concentración de cada muestra mediante la ecuación de regresión hallada previamente con un estándar de piruvato de sodio.

$$|.| = 0,00516 + 1,2641 * \text{concentración} \quad (\text{Ec. 2})$$

$$\text{Concentración} = \frac{|.| - 0,00516}{1,2641}$$

Donde Abs. Es la absorbancia. La concentración obtenida en unidades de $\mu\text{Mol/mL}$ finalmente se convirtió a $\mu\text{Mol/g}$ de ácido pirúvico.

2.2 DISEÑO EXPERIMENTAL

Los cambios en la carga máxima, pérdida de peso, color y pungencia fueron evaluados mediante un diseño de medidas parcialmente repetidas, en el cual el factor intrasujeto correspondió al tiempo y la temperatura, y el factor intersujeto al empaque (cuadro 4). El análisis estadístico de los datos obtenidos se realizó mediante el software IBM SPSS Statistics 25, mediante el cual se verificó la normalidad de los datos y se realizó el análisis de varianza (ANOVA), así como la comparación por pares para determinar diferencias en el tiempo, temperatura y empaque entre tratamientos. Todos los efectos se reportan con una significación $p < 0,05$, donde la hipótesis nula (H_0) es que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos de empaque y temperatura aplicados a la cebolla de rama (*Allium fistulosum*) mínimamente procesada durante el tiempo de prueba y la hipótesis alternativa (H_1) dice que si existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos de empaque y temperatura aplicados a la cebolla de rama (*Allium fistulosum*) mínimamente procesada durante el tiempo de prueba.

Cuadro 4. Diseño experimental para factores que afectan la vida útil de la cebolla de rama (*Allium fistulosum*)

Diseño	Factor intrasujeto (FW)	Niveles de FW	Factor intersujetos (FB)	Niveles de FB	Variables de respuesta
Medidas parcialmente repetidas	-Tiempo -Temperatura	-Días de seguimiento -Temperatura ambiente -Temperatura refrigeración	-Empaque	-Sin empaque -Microperforado -Vacío	-Firmeza -Pérdida de peso -Color -Pungencia -Pruebas microbiológicas

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para las pruebas de firmeza, pérdida de peso, colorimetría, análisis microbiológico y pungencia.

3.1 FIRMEZA

La prueba de efectos intrasujetos arroja una significancia menor a 0,05 ($p < 0,05$) entre todas las condiciones, por lo cual se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa. De acuerdo a la potencia observada se escogió el método de Greenhouse-Geisser.

3.1.1 Comparaciones por pares. En cuanto a la comparación por pares con respecto al tiempo, temperatura y empaque (Anexo A) se observa que en el día 0 no hay diferencias estadísticamente significativas entre todos los tratamientos de empaque y temperatura, esto debido a que la totalidad de las muestras se encontraban en las condiciones iniciales de la prueba experimental.

Entre el día 5 y el día 15 los tratamientos a temperatura ambiente presentan diferencias estadísticamente significativas, exceptuando la comparación entre empaque microperforado y sin empaque, en el cual no se observan cambios en la textura. La muestra empacada al vacío presentó lixiviados desde el día 5 y una textura blanda.

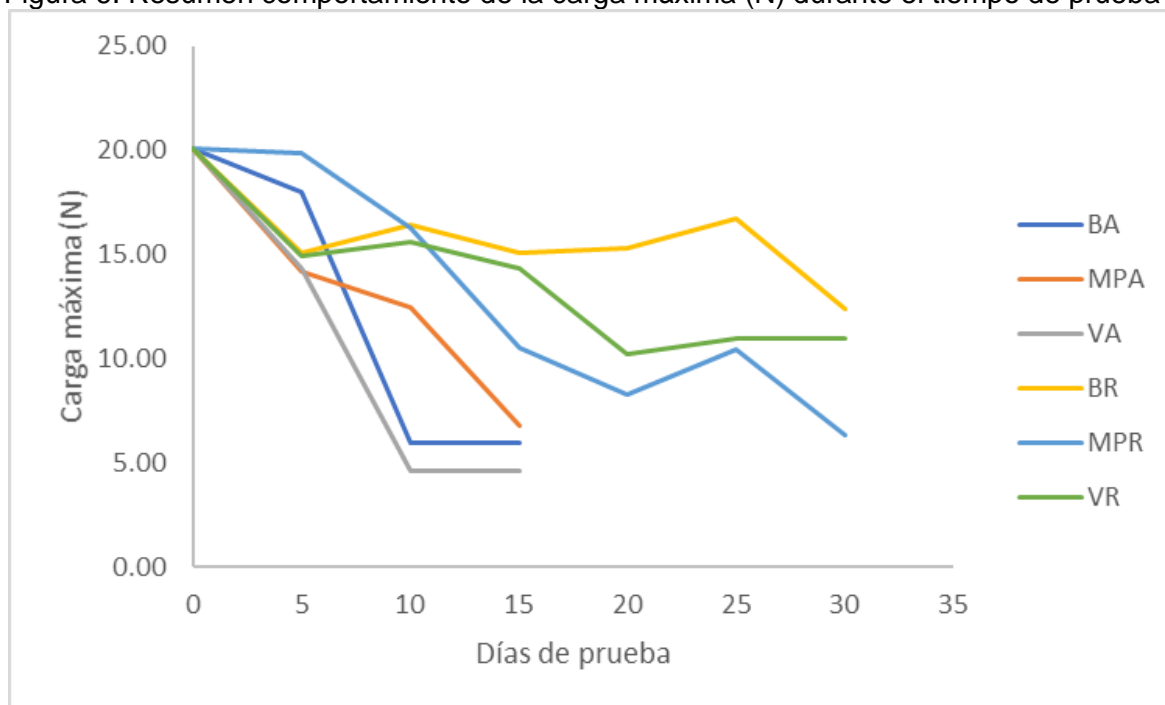
Caso contrario ocurre en la temperatura de refrigeración que, según los datos, presenta diferencia significativa en casi todos los casos desde el día 5 hasta el día 30, exceptuando los tratamientos de empaque microperforado y sin empaque que no revelaron dicha diferencia.

Las diferencias entre los tratamientos se deben a la influencia directa del tipo de empaque y la temperatura en el metabolismo de la planta, al estar viva, seguirá con sus procesos metabólicos. El metabolismo respiratorio reacciona con los sustratos almacenados (usualmente carbohidratos) y O_2 para producir compuestos de alta energía (ATP) y CO_2 (Saltveit, 2019). Si la temperatura se mantiene a niveles bajos, la tasa de respiración disminuye, la senescencia se retrasa y la vida de almacenamiento se extiende (Sañudo-Barajas *et al.*, 2019). Por esta razón, el empaque microperforado y el tratamiento sin empaque a temperatura ambiente permiten un mayor intercambio de gases y posteriores reacciones metabólicas, esto se evidencia en el crecimiento de las hojas y el vapor de agua en la superficie de la bolsa.

Las comparaciones por parejas entre empaque, temperatura y tiempo (Anexo B) revelan que todas las muestras a temperatura ambiente entre el día 0 y el día 15 presentan diferencias estadísticamente significativas exceptuando los días iniciales (día 0 y 5).

A temperatura de refrigeración el empaque microperforado y sin empaque no presenta diferencias significativas inicialmente y a partir del día 20 se manifiestan dichas diferencias. El empaque al vacío en condiciones de refrigeración presenta diferencias desde el día 5 hasta el día 15, a partir del día 20 hasta el final no presenta dichas diferencias. En todos los tratamientos se pierde firmeza (figura 6), el cambio es evidente cuando las muestras se encuentran a temperatura ambiente, los cambios en la fuerza máxima de fractura en cebolla durante el almacenamiento, evidencian la pérdida de fracturabilidad y por tanto el ablandamiento del tejido, que está relacionado con la pérdida de frescura (González *et al.*, 2012).

Figura 6. Resumen comportamiento de la carga máxima (N) durante el tiempo de prueba



Finalmente, la comparación por parejas entre el empaque, tiempo y temperatura (Anexo C) muestra que, al comparar los tratamientos almacenados a temperatura ambiente con los almacenados en refrigeración, en todos, hasta el día 5 no presentan diferencias estadísticamente significativas, desde el día 10 en adelante si se evidencia dicha diferencia.

La diferencia más notable se da entre los tratamientos empacados al vacío debido al acelerado proceso de descomposición que sufren las cebollas almacenadas a temperatura ambiente. Esto pudo generarse por la ruptura de paredes celulares debido a la presión aplicada al momento del empacado al vacío. Adicionalmente la difusión de gases es mucho más alta a bajas presiones así el movimiento de gas dentro y fuera del producto es mucho más rápida con una probabilidad de desarrollar condiciones anaeróbicas dentro del producto (Saltveit, 2019). Además, se encontraban almacenados a una temperatura que permite el normal de desarrollo de microorganismos anaerobios.

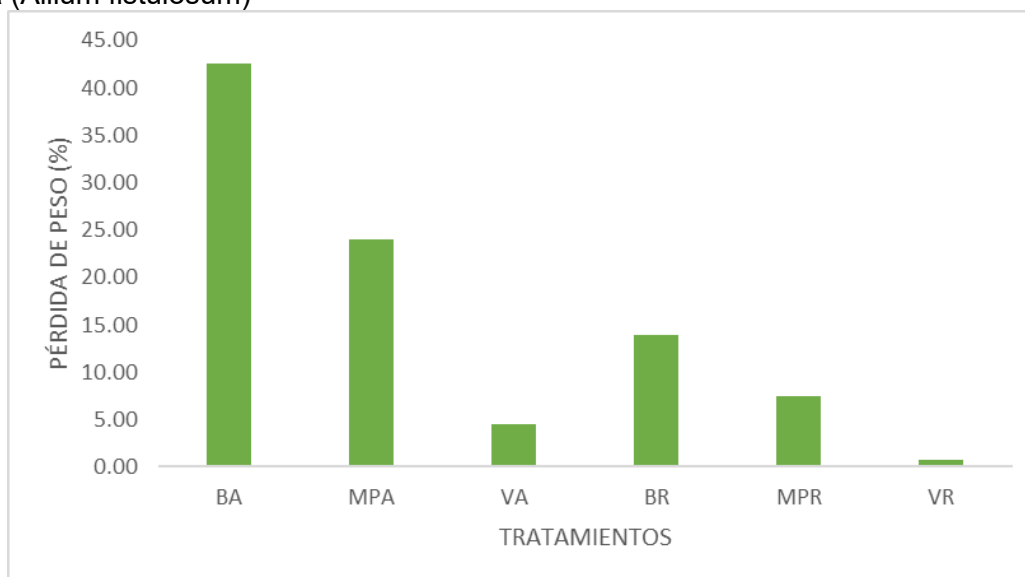
3.2 PÉRDIDA DE PESO

Para esta prueba se analizaron los pesos obtenidos el día 0 y día final. La prueba de efectos intrasujetos arroja una significancia menor a 0,05 ($p < 0,05$) entre todas las condiciones, por lo cual se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa. De acuerdo a la potencia observada se escogió el método de Greenhouse-Geisser.

3.2.1 Comparaciones por parejas. La comparación entre tiempo, temperatura y empaque en el día 0 (Anexo D) no tiene diferencia estadísticamente significativa, debido a que la totalidad de las muestras están bajo las mismas condiciones iniciales. En el día final a temperatura ambiente y refrigeración, la mayoría no tiene diferencia significativa entre sí, exceptuando la relación entre los tratamientos de cebolla sin empaque y empacada al vacío.

Cuando se compara el empaque, temperatura y tiempo (Anexo E) es evidente que presentan diferencias estadísticamente significativas debido a que en todos los tipos de empaque hay pérdidas de peso entre el día 0 y el día final, a excepción del empaque al vacío en la temperatura de refrigeración porque su pérdida de peso fue inferior al 1%.

Figura 7. Porcentaje de pérdida de peso de los diferentes tratamientos en la cebolla de rama (*Allium fistulosum*)



En general, la pérdida de peso se da por el intercambio gaseoso producto del metabolismo de la planta, al estar viva seguirá respirando lo que implica un gasto energético y volatilización de algunos elementos (CO_2 , vapor de agua). Las cuatro vías principales del metabolismo respiratorio son la glicolisis, el ciclo del ácido cítrico, transporte de electrones y la derivación pentosa-fosfato (Saltveit, 2019). Esto se evidencia en el crecimiento de hojas que presentaron las muestras sin empaque y empacadas al vacío en ambas temperaturas

de almacenamiento, aunque en mayor medida las que se encontraban a temperatura ambiente.

Finalmente, comparando la interacción de empaque, tiempo y temperatura (Anexo F) se encontró que ninguna posee diferencia significativa entre la temperatura ambiente y temperatura de refrigeración con el mismo tipo de empaque, es decir, independientemente de la temperatura de almacenamiento hubo variación o pérdida de peso de todas las muestras.

3.3 COLORIMETRÍA

De los resultados obtenidos en el colorímetro 3nh NR20XE se calculó el índice de amarillamiento (YI) el cual relaciona el parámetro b^* , que indica la variación de color entre amarillo (+) y azul (-), con la luminosidad (L^*). Los datos se procesaron mediante ANOVA de medidas repetidas con el software SPSS versión 25, de forma similar a las anteriores, la prueba de efectos intrasujetos arroja una significancia menor a 0,05 ($p < 0,05$) entre todas las condiciones, por lo cual se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa. Según la potencia observada se empleará el ajuste de Greenhouse-Geisser.

3.3.1 Comparaciones por parejas. La comparación de tiempo, temperatura y empaque (Anexo G) de la prueba de color arrojó que el día 0 a temperatura ambiente y refrigeración no presentan diferencias estadísticamente significativas esto se debe a que el día inicial todas las muestras están en igualdad de condiciones.

A partir del día 5 hasta el día 30 se observa que tienen un comportamiento similar entre los tipos de empaque en ambas condiciones de temperatura, la mayoría presentan diferencias estadísticamente significativas a excepción de la comparación entre empaque microperforado y sin empaque que, hasta el tiempo final, muestra que no hay diferencias entre sí. Esto se evidencia en el comportamiento de las muestras sin empaque y microperforado cuyo cambio de color se comportaba de forma similar como se observa en la figura para temperatura ambiente y temperatura de refrigeración

Figura 8. Cambio de color de la cebolla de rama (*Allium fistulosum*) a temperatura ambiente durante el tiempo de prueba (15 días)



Figura 8. (Continuación)










Tiempo	Sin	Empaque Microperforado	Vacío
Día 5			
Día 10			
Día 15			

Figura 9. Cambio de color de la cebolla de rama (*Allium fistulosum*) a temperatura de refrigeración durante el tiempo de prueba (30 días)






















Tiempo	Empaque		
	Sin	Microperforado	Vacío
Día 0			
Día 5			
Día 10			
Día 15			
Día 20			

Figura 9. (Continuación)

Tiempo	Empaque		
	Sin	Microperforado	Vacío
Día 25			
Día 30			

En cuanto a la tabla de comparación por parejas que relaciona empaque, temperatura y tiempo (Anexo H) se observa que tanto en empaque microperforado y sin empaque hay cambios estadísticamente significativos desde el día 5 hasta el día 15 en el caso de los tratamientos a temperatura ambiente y hasta el día 30 en los tratamientos refrigerados. Por otra parte, las muestras empacadas al vacío en las dos temperaturas de almacenamiento no presentan dichos cambios durante los días de prueba (Figura 10, 11).

Figura 10. Simulación de color con coordenadas CIE L*a*b de los diferentes tratamientos aplicados a la cebolla de rama (*Allium fistulosum*) durante el periodo de pruebas con temperatura ambiente. a) Sin empaque, b) Empaque microperforado c) Empaque al vacío



a)

Figura 10. (Continuación)

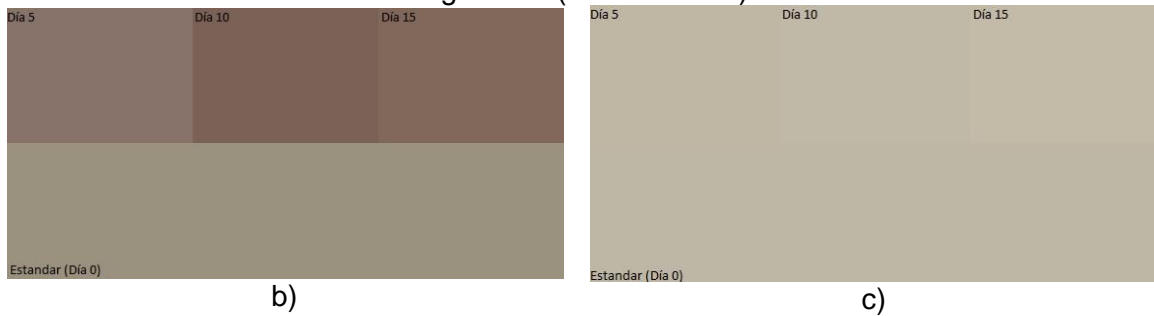
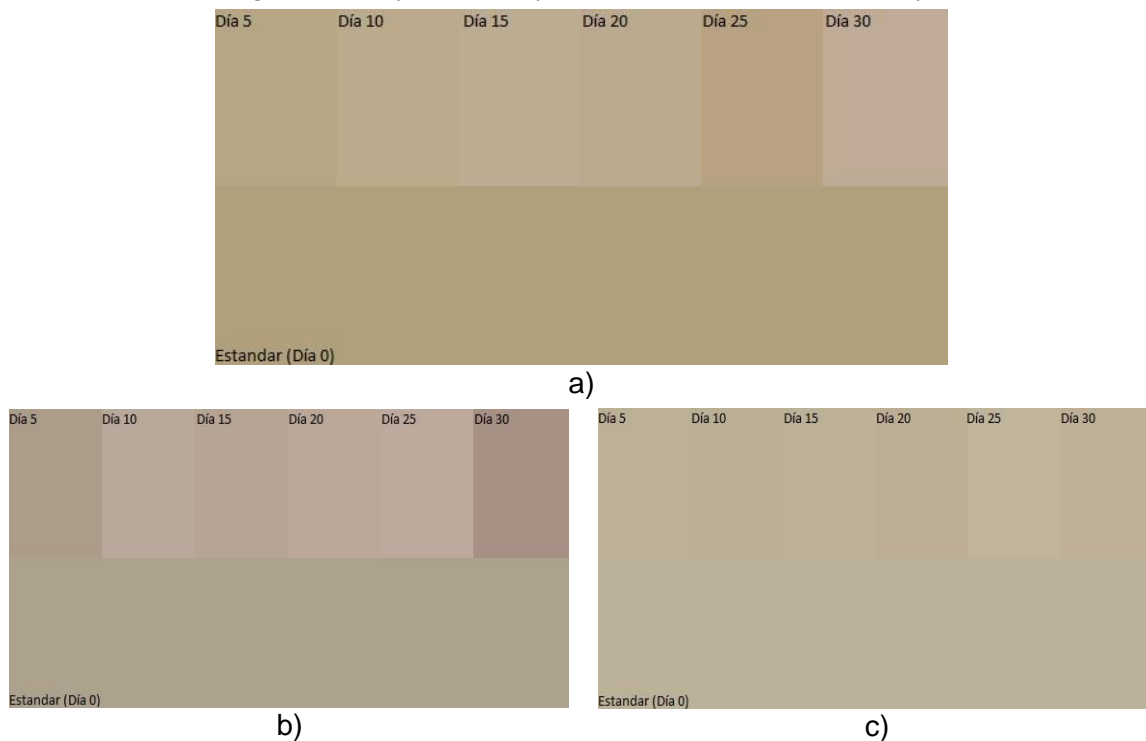


Figura 11. Simulación de color con coordenadas CIE L*a*b de los diferentes tratamientos aplicados a la cebolla de rama (*Allium fistulosum*) durante el periodo de pruebas con temperatura de refrigeración. a) Blanco, b) Empaque microperforado, c) Empaque al vacío



La comparación entre empaque, tiempo y temperatura (Anexo I) mostró que la mayoría de tratamientos presentó diferencias estadísticamente significativas entre temperatura ambiente y de refrigeración a excepción de las muestras empacadas al vacío.

3.4 EVALUACIÓN MICROBIOLÓGICA

En esta prueba no se realizó ningún tratamiento de desinfección inicial a la cebolla, la carga microbiana fue alta, eso se evidenció en los conteos de la siembra que se hizo antes de la

adecuación y empaque de esta, aunque cabe resaltar que el conteo de microorganismos bajó en gran medida luego de adecuarla.

Debido a que se buscaba emular los procedimientos que normalmente se realizarían en cuanto a la postcosecha en el lugar de cultivo, una gran carga microbiana quedó latente, ya que normalmente no se realiza desinfección. Por esta razón los microorganismos que quedaron en conjunto con la alta humedad presente en la cebolla ocasionaron que muchas de las muestras, sobre todo las empacadas al vacío a temperatura ambiente se dañaron notablemente a los 10 días de la prueba, generando malos olores, lixiviados y un posterior descarte de las muestras, no sin antes realizar una nueva siembra para estimar el crecimiento de microorganismos.

Esta prueba se realizó con el fin de evidencia la alta carga microbiológica que queda luego de la adecuación y el empaque

Cuadro 5. Conteo de microorganismos en los diferentes tratamientos aplicados a la cebolla de rama (*Allium fistulosum*) durante los días de prueba

Día	M (UFC/mL)	HL (UFC/mL)	CT (NMP)	CF (NMP)	EC
Sin Empaque - Ambiente					
0	4,5E+03	6,1E+03	8,50	4,43	Negativo
20	1,2E+07		>1100	53,00	Negativo
Final					
Microperforado - Ambiente					
0	4,5E+03	6,1E+03	8,50	4,43	Negativo
20	2,2E+08	2,9E+06	>1100	53	Negativo
Final					
Vacío - Ambiente					
0	4,5E+03	6,1E+03	8,50	4,43	Negativo
20	2,4E+08		>1100	>1100	Negativo
Final					
Microperforado - Refrigeración					
0	4,5E+03	6,1E+03	8,50	4,43	Negativo
20	1,4E+07	1,9E+06	>1100	9,3	Negativo
Final	4,0E+06	4,4E+05	35	<3	Negativo
Vacío - Refrigeración					
0	4,5E+03	6,1E+03	8,50	4,43	Negativo
20	1,5E+07	2,0E+06	>1100	20	Negativo
Final	2,0E+06	5,8E+05	>1100	20	Negativo

M: Mesófilos; HL: Hongos y Levaduras; CT: Coliformes Totales; CF: Coliformes Fecales; EC: *Escherichia coli*

Se observa que en algunos casos hay una disminución en la carga microbiológica esto debido posiblemente a la presencia de lixiviados como se mencionaba anteriormente y a la acidificación de los mismos, generando un medio hostil para los microorganismos allí presentes, de igual manera la cebolla posee muchas sustancias antimicrobianas, los denominados sulfóxidos de cisteína, en mayor medida la isoaliina, la cual puede ser liberada

ya que luego de un tiempo de almacenamiento la senescencia de la cebolla traerá consigo ruptura de tejidos y por ende liberara dichas sustancias, generando el efecto mencionado previamente.

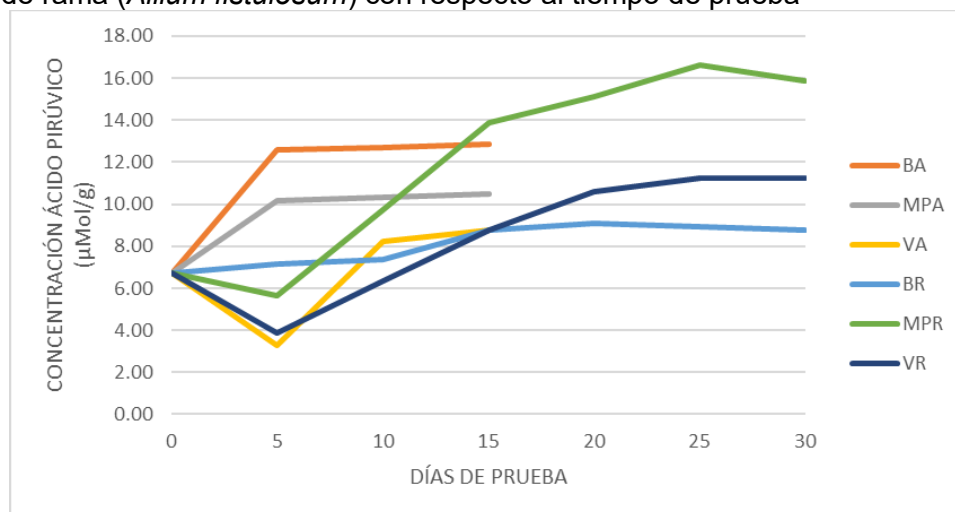
3.5 DETERMINACIÓN DE PUNGENCIA

Los valores de concentración obtenidos se analizaron con el software SPSS versión 25 mediante ANOVA de medidas repetidas. La prueba de efectos intra-sujetos arroja una significancia menor a 0,05 ($p < 0,05$) entre todas las condiciones, por lo cual se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa. Se empleó Greenhouse-Geisser según la potencia observada.

3.5.1 Comparaciones por parejas. En general la mayoría de interacciones entre tiempo, empaque y temperatura (Anexo J, K, L) arrojaron que existen diferencias estadísticamente significativas, con algunas excepciones, pero todo indica que fue una prueba muy variable durante el tiempo de prueba y para los distintos tratamientos (figura 11).

Esto puede indicar que la reacción de los sulfóxidos de cisteína con la enzima alinasa se ve afectada de forma diferente por cada uno de los tratamientos. Aunque los métodos basados en el contenido de ácido pirúvico, ácidos sulfénicos o tiosulfatos han sido ampliamente utilizados como medida indirecta del picor de la cebolla, en ocasiones es difícil establecer una relación significativa, y por lo general, se acaba subestimando el contenido real (Fayos *et al.*, 2018) por lo cual es posible que el aumento en el contenido de ácido pirúvico observado en las pruebas se deba a cantidades latentes en la cebolla o producto de otras reacciones internas de la cebolla y no exclusivamente a la reacción de los sulfóxidos de cisteína con la enzima alinasa.

Figura 12. Concentración de ácido pirúvico en los diferentes tratamientos aplicados a la cebolla de rama (*Allium fistulosum*) con respecto al tiempo de prueba



La tasa metabólica de la cebolla va en aumento durante los días de prueba, por lo tanto, se da un aumento en la acción enzimática que genera un rompimiento de tejidos en las células vegetales (pared celular), dejando expuestos los compuestos que intervienen en las reacciones de pungencia de la cebolla y que dejan como uno de los productos al ácido pirúvico.

4. CONCLUSIONES

Se determinaron los cambios físicos y microbiológicos durante el almacenamiento de cebolla de rama (*allium fistulosum*) mínimamente procesada, los cuales indicaron que el empacado al vacío a condiciones de refrigeración es el tratamiento más adecuado para prolongar la vida útil de la cebolla y mantener dichas características por un tiempo más largo al ciclo de vida normal de la cebolla de rama (*allium fistulosum*).

Se logró evaluar los cambios en pungencia durante el almacenamiento de cebolla de rama (*allium fistulosum*) mínimamente procesada, los cuales se relacionaron con la tasa metabólica y con la pungencia del material vegetal.

5. RECOMENDACIONES

Los empaques microperforados pueden brindar una protección intermedia entre el empaque al vacío y la exposición directa al ambiente por lo cual se requieren estudios más puntuales al respecto, tales como determinar un tamaño adecuado del orificio y distancia entre agujeros para un intercambio gaseoso adecuado.

Para un resultado confiable de la pungencia lo más adecuado es usar técnicas directas tal como HPLC la cual es más sensible y precisa que el método empleado en estas pruebas basado en la cuantificación del ácido pirúvico.

BIBLIOGRAFÍA

BADUI DERGAL, Salvador. Química de los alimentos. Pearson educación. México: 2006. ISBN: 970-26-0670-5.

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA DANE. Encuesta Nacional Agropecuaria. Boletín técnico. Bogotá D.C., Colombia: 2017.

_____. Insumos y factores asociados a la producción agropecuaria. La cebolla de rama o cebolla junca (*Allium fistulosum*), una hortaliza de gran importancia en la alimentación humana. Boletín mensual. Colombia: 2015.

FAYOS AVELLÁN, O.; MALLOR GIMÉNEZ, C. y GARCÉS CLAVER, A. Evolución del conocimiento sobre la pungencia de la cebolla (*Allium cepa* L.) y del pimiento (*Capsicum* spp.): desde sus orígenes hasta el potencial nutracéutico actual. En: Información Técnica Económica Agraria, 2018, vol. 114, no. 2.

GARCÍA IGLESIAS, Esther; GAGO CABEZAS, Lara y FERNÁNDEZ NUEVO, José Luis. Tecnologías de envasado en atmósfera protectora. CEIM. Dirección general de universidades e investigación. Madrid, España: 2006.

GARCÍA VILLALPANDO, Jesús A. *et al.* Comparación de los procedimientos de Tukey, Duncan, Dunnett, Hsu y Bechhofer para selección de medias. En: Agrociencia, 2001, vol. 35, no. 1. ISSN 1405-3195.

GONZÁLEZ, Andrea *et al.* Análisis combinado acústico-mecánico durante el almacenamiento de cebolla (*Allium fistulosum*) mínimamente procesada. En: Scientia Agropecuaria, 2012, vol. 3, no. 2. ISSN 2077-9917.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN ICONTEC. Alimentos mínimamente procesados. Bogotá D.C., Colombia: 2013.

_____, Microbiología de los alimentos para consumo humano y animal. Método horizontal para el recuento de microorganismos. Técnica de recuento de colonias a 30°C. Bogotá D.C., Colombia: 2009.

_____, Microbiología de alimentos y productos de alimentación animal. Método horizontal para la detección y enumeración de coliformes, técnica del número más probable. Bogotá D.C., Colombia: 2009.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN ICONTEC. Microbiología. Guía general para el recuento de mohos y levaduras. Técnica de recuento de colonias a 25°C. Bogotá D.C., Colombia: 1997.

KONICA MINOLTA. Espectrofotómetro CM-5. Manual de instrucciones [en línea]. Konica Minolta ®: s.f. [citado marzo, 2019]. Disponible en internet en: https://www.konicaminolta.com/instruments/download/instruction_manual/color/pdf/cm-5_instruction_spa.pdf

MACHADO MANCILLA, Mileydi. Planteamiento de un proceso para la conservación de la cebolla junca (*Allium fistulosum* Linnaeus) mediante el método de deshidratación gravimétrica. Tesis Tecnología Química. Universidad tecnológica de Pereira. Facultad de tecnología. Escuela de química. Pereira, Colombia: 2012.

MALHOTRA, Naresh K. Investigación de mercados. Quinta edición. Pearson educación. México. 2008.

MALLOR GIMÉNEZ, Cristina. Características de las principales variedades de cebolla de primavera-verano. Unidad de Tecnología en Producción Vegetal. Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria. Zaragoza, España: 2006.

MERINO E., Irving y ARROYO B., Yaremi. Cebolla (*Allium cepa*) para el tratamiento de diferentes tipos de cáncer. Escuela de biología. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. México: 2017.

MUNICIPIO DE SILVIA CAUCA. Sitio web del Municipio de Silvia Cauca [en línea]. Alcaldía de Silvia – Cauca: 2019 [citado enero, 2018] Disponible en internet en: <http://www.silvia-cauca.gov.co/index.shtml#4>

NOVA FONSECA, Cristhian Alexander y OVALLE RUIZ, Julián Felipe. Evaluación de dos clones de cebolla de rama en la fabricación de pasta de cebolla y su comportamiento fisicoquímico en dos envases diferentes. Tesis Ingeniería de Alimentos. Universidad de la Salle. Facultad de ingeniería. Bogotá D.C., Colombia: 2016.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD OMS; ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA FAO. Codex Alimentarius. Directrices generales sobre muestreo. Roma, Italia: 2004.

_____, Codex Alimentarius. Directrices para la inspección visual de lotes de alimentos envasados. Roma, Italia:1993.

ORTIZ FERNÁNDEZ, Carlos, *et al.* La cebolla en rama (*Allium fistulosum*) su cosecha y poscosecha en la cadena agroindustrial. Programa nacional de capacitación en manejo poscosecha de frutas y hortalizas. Servicio nacional de aprendizaje SENA. 2012.

OSPINA MENESES, Silvia Marcela y CARTAGENA VALENZUELA, José Régulo. La atmósfera modificada: una alternativa para la conservación de los alimentos. En: Revista Lasallista de investigación, 2008, vol. 5, no. 2.

PEREZ ESPINOZA, Carmen Krystal. Empaques y Embalajes [en línea]. Red Tercer Milenio ©: 2012 [citado marzo, 2019]. Disponible en internet en: http://www.aliat.org.mx/BibliotecasDigitales/comunicacion/Empaques_y_embalajes.pdf

R. LÓPEZ, Alonso, TORRES ZAPATA, T, y ANTOLIN GIRALDO, G. Tecnología de Envasado y Conservación de Alimentos. Laboratorio de Procesos Químicos de CARTIF. Universidad de San Martín de Porres. Chiclayo, Perú: 2005.

SALTVEIT, M.E. Respiratory Metabolism. En: Postharvest Physiology and Biochemistry of Fruits and Vegetables. Elsevier Inc. ©: 2019, pág. 73-91. ISBN 978-0-12-813278-4.

SAÑUDO-BARAJAS, J.A.; LIPAN, L.; CANO-LAMADRID, M.; DE LA ROCHA, R.V.; NOGUERA-ARTIAGA, L.; SÁNCHEZ-RODRÍGUEZ, L.; CARBONELL-BARRACHINA, Á.A. y HERNÁNDEZ, F. Texture. En: Postharvest Physiology and Biochemistry of Fruits and Vegetables, 2019, pág. 293-314. ISBN 978-0-12-813278-4.

SÁNCHEZ LEÓN, G.D.; PINZÓN RAMÍREZ, H.; CLÍMACO HÍO, J.; HERRERA HEREDIA, C.A.; MARTÍNEZ LEMUS, E.P.; QUEVEDO GARZÓN, D.H.; MURCIA CONTRERAS, G.A.; PEDRAZA RUTE, R.A.; MARTÍNEZ NIETO, P.; ORTIZ PIÑEROS, L.S.; MONTAÑA, C.E.; VALDERRAMA NAVAS, Y.; PINZÓN PERDOMO, L.M.; RODRÍGUEZ VALENZUELA, J. Manual de la cebolla de rama. Corporación Colombiana de investigación agropecuaria, CORPOICA. Bogotá D.C., Colombia: 2012. ISBN: 978-958-740-116-5.

SCHWIMMER, Sigmund & WESTON, William. Enzymatic development of pyruvic acid in onion as a measure of pungency. Western Regional Research Laboratory. Department of Agriculture. Albany, California, Estados Unidos: 1960.

UMAÑA CERROS, Eduardo. Conservación de alimentos por frío. Refrigeración / Congelamiento. Fiagro y Fusades Proinnova. El Salvador: 2010.

VARELA REYES, Nidia Catherine. Avances de resultados de investigación en cebolla de rama en Aquitania, Boyacá. Cosecha y poscosecha cebolla de rama (*Allium fistulosum*). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA, Colombia. ISBN 978-958.

ANEXOS

ANEXO A. Firmeza día 0 a día 30 comparación por parejas tiempo, temperatura y empaque

A1. Comparaciones por parejas día 0 a día 15 ambiente y refrigeración

Tiempo	Temperatura	(I) Empaque	(J) Empaque	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig. ^b	95% de intervalo de confianza para diferencia ^b	
							Límite inferior	Límite superior
1	1	Microperf	Sin	,000	,396	1,000	-1,010	1,010
			Vacío	8,527E-15	,396	1,000	-1,010	1,010
		Sin	Microperf	,000	,396	1,000	-1,010	1,010
			Vacío	8,527E-15	,396	1,000	-1,010	1,010
		Vacío	Microperf	-8,527E-15	,396	1,000	-1,010	1,010
			Sin	-8,527E-15	,396	1,000	-1,010	1,010
	2	Microperf	Sin	,000	,396	1,000	-1,010	1,010
			Vacío	8,527E-15	,396	1,000	-1,010	1,010
		Sin	Microperf	,000	,396	1,000	-1,010	1,010
			Vacío	8,527E-15	,396	1,000	-1,010	1,010
		Vacío	Microperf	-8,527E-15	,396	1,000	-1,010	1,010
			Sin	-8,527E-15	,396	1,000	-1,010	1,010
2	1	Microperf	Sin	-3,862*	,531	,000	-5,218	-2,506
			Vacío	-,176	,531	1,000	-1,532	1,180
		Sin	Microperf	3,862*	,531	,000	2,506	5,218
			Vacío	3,686*	,531	,000	2,330	5,042
		Vacío	Microperf	,176	,531	1,000	-1,180	1,532
			Sin	-3,686*	,531	,000	-5,042	-2,330
	2	Microperf	Sin	4,724*	,435	,000	3,614	5,834
			Vacío	4,898*	,435	,000	3,788	6,008
		Sin	Microperf	-4,724*	,435	,000	-5,834	-3,614
			Vacío	,174	,435	1,000	-,936	1,284
		Vacío	Microperf	-4,898*	,435	,000	-6,008	-3,788
			Sin	-,174	,435	1,000	-1,284	,936
3	1	Microperf	Sin	6,478*	,230	,000	5,892	7,064
			Vacío	7,776*	,230	,000	7,190	8,362
		Sin	Microperf	-6,478*	,230	,000	-7,064	-5,892
			Vacío	1,298*	,230	,000	,712	1,884
		Vacío	Microperf	-7,776*	,230	,000	-8,362	-7,190
			Sin	-1,298*	,230	,000	-1,884	-,712
	2	Microperf	Sin	-,156	,577	1,000	-1,629	1,317
			Vacío	,660	,577	,788	-,813	2,133
		Sin	Microperf	,156	,577	1,000	-1,317	1,629
			Vacío	,816	,577	,506	-,657	2,289
		Vacío	Microperf	-,660	,577	,788	-2,133	,813
			Sin	-,816	,577	,506	-2,289	,657
4	1	Microperf	Sin	-5,261*	,450	,000	-6,408	-4,114
			Vacío	2,099*	,450	,000	,952	3,246

2	Sin	Microperf	5,261*	,450	,000	4,114	6,408
		Vacío	7,360*	,450	,000	6,213	8,507
	Vacío	Microperf	-2,099*	,450	,000	-3,246	-,952
		Sin	-7,360*	,450	,000	-8,507	-6,213
	Microperf	Sin	-4,548*	,475	,000	-5,761	-3,335
		Vacío	-3,837*	,475	,000	-5,050	-2,624
	Sin	Microperf	4,548*	,475	,000	3,335	5,761
		Vacío	,711	,475	,438	-,502	1,924
	Vacío	Microperf	3,837*	,475	,000	2,624	5,050
		Sin	-,711	,475	,438	-1,924	,502

Se basa en medias marginales estimadas

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel ,05.

b. Ajuste para varias comparaciones: Bonferroni.

A2. Comparaciones por parejas día 20 a día 30 refrigeración

Tiempo	(I) Empaque	(J) Empaque	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig. ^b	95% de intervalo de confianza para diferencia ^b	
						Límite inferior	Límite superior
1	Microperf	Sin	-7,061*	,809	,000	-9,126	-4,996
		Vacío	-1,977	,809	,064	-4,042	,088
	Sin	Microperf	7,061*	,809	,000	4,996	9,126
		Vacío	5,084*	,809	,000	3,019	7,149
	Vacío	Microperf	1,977	,809	,064	-,088	4,042
		Sin	-5,084*	,809	,000	-7,149	-3,019
2	Microperf	Sin	-6,260*	,564	,000	-7,700	-4,820
		Vacío	-,497	,564	1,000	-1,937	,943
	Sin	Microperf	6,260*	,564	,000	4,820	7,700
		Vacío	5,763*	,564	,000	4,323	7,203
	Vacío	Microperf	,497	,564	1,000	-,943	1,937
		Sin	-5,763*	,564	,000	-7,203	-4,323
3	Microperf	Sin	-6,036*	,549	,000	-7,437	-4,635
		Vacío	-4,582*	,549	,000	-5,983	-3,181
	Sin	Microperf	6,036*	,549	,000	4,635	7,437
		Vacío	1,454*	,549	,040	,053	2,855
	Vacío	Microperf	4,582*	,549	,000	3,181	5,983
		Sin	-1,454*	,549	,040	-2,855	-,053

Se basa en medias marginales estimadas

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel ,05.

b. Ajuste para varias comparaciones: Bonferroni.

ANEXO B. Firmeza día 0 a día 30 - comparación por parejas empaque, temperatura y tiempo

B1. Comparaciones por parejas día 0 a día 15 ambiente y refrigeración

Empaque	Temperatura	(I) Tiempo	(J) Tiempo	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig. ^b	95% de intervalo de confianza para diferencia ^b	
							Límite inferior	Límite superior
Microperf	1	1	2	5,964*	,495	,000	4,554	7,374
			3	7,685*	,345	,000	6,701	8,669
			4	13,362*	,414	,000	12,184	14,540
		2	1	-5,964*	,495	,000	-7,374	-4,554
			3	1,721*	,410	,002	,553	2,889
			4	7,398*	,528	,000	5,896	8,900
		3	1	-7,685*	,345	,000	-8,669	-6,701
			2	-1,721*	,410	,002	-2,889	-,553
			4	5,677*	,342	,000	4,702	6,652
		4	1	-13,362*	,414	,000	-14,540	-12,184
			2	-7,398*	,528	,000	-8,900	-5,896
			3	-5,677*	,342	,000	-6,652	-4,702
	2	1	2	,273	,444	1,000	-,992	1,538
			3	3,876*	,471	,000	2,536	5,216
			4	9,612*	,456	,000	8,314	10,910
		2	1	-,273	,444	1,000	-1,538	,992
			3	3,603*	,567	,000	1,988	5,218
			4	9,339*	,411	,000	8,169	10,509
		3	1	-3,876*	,471	,000	-5,216	-2,536
			2	-3,603*	,567	,000	-5,218	-1,988
			4	5,736*	,532	,000	4,220	7,252
		4	1	-9,612*	,456	,000	-10,910	-8,314
			2	-9,339*	,411	,000	-10,509	-8,169
			3	-5,736*	,532	,000	-7,252	-4,220
Sin	1	1	2	2,102*	,495	,001	,692	3,512
			3	14,163*	,345	,000	13,179	15,147
			4	8,101*	,414	,000	6,923	9,279
		2	1	-2,102*	,495	,001	-3,512	-,692
			3	12,061*	,410	,000	10,893	13,229
			4	5,999*	,528	,000	4,497	7,501
		3	1	-14,163*	,345	,000	-15,147	-13,179
			2	-12,061*	,410	,000	-13,229	-10,893
			4	-6,062*	,342	,000	-7,037	-5,087
		4	1	-8,101*	,414	,000	-9,279	-6,923
			2	-5,999*	,528	,000	-7,501	-4,497
			3	6,062*	,342	,000	5,087	7,037
	2	1	2	4,997*	,444	,000	3,732	6,262
			3	3,720*	,471	,000	2,380	5,060
			4	5,064*	,456	,000	3,766	6,362
		2	1	-4,997*	,444	,000	-6,262	-3,732
			3	-1,277	,567	,196	-2,892	,338

			4	,067	,411	1,000	-1,103	1,237
		3	1	-3,720*	,471	,000	-5,060	-2,380
			2	1,277	,567	,196	-,338	2,892
			4	1,344	,532	,107	-,172	2,860
		4	1	-5,064*	,456	,000	-6,362	-3,766
			2	-,067	,411	1,000	-1,237	1,103
			3	-1,344	,532	,107	-2,860	,172
Vacío	1	1	2	5,788*	,495	,000	4,378	7,198
			3	15,461*	,345	,000	14,477	16,445
			4	15,461*	,414	,000	14,283	16,639
		2	1	-5,788*	,495	,000	-7,198	-4,378
			3	9,673*	,410	,000	8,505	10,841
			4	9,673*	,528	,000	8,171	11,175
		3	1	-15,461*	,345	,000	-16,445	-14,477
			2	-9,673*	,410	,000	-10,841	-8,505
			4	5,329E-15	,342	1,000	-,975	,975
		4	1	-15,461*	,414	,000	-16,639	-14,283
			2	-9,673*	,528	,000	-11,175	-8,171
			3	-5,329E-15	,342	1,000	-,975	,975
	2	1	2	5,171*	,444	,000	3,906	6,436
			3	4,536*	,471	,000	3,196	5,876
			4	5,775*	,456	,000	4,477	7,073
		2	1	-5,171*	,444	,000	-6,436	-3,906
			3	-,635	,567	1,000	-2,250	,980
			4	,604	,411	,919	-,566	1,774
		3	1	-4,536*	,471	,000	-5,876	-3,196
			2	,635	,567	1,000	-,980	2,250
			4	1,239	,532	,166	-,277	2,755
		4	1	-5,775*	,456	,000	-7,073	-4,477
			2	-,604	,411	,919	-1,774	,566
			3	-1,239	,532	,166	-2,755	,277

Se basa en medias marginales estimadas

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel ,05.

b. Ajuste para varias comparaciones: Bonferroni.

B2. Comparaciones por parejas día 20 a día 30 refrigeración

Empaque	(I) Tiempo	(J) Tiempo	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig. ^b	95% de intervalo de confianza para diferencia ^b	
						Límite inferior	Límite superior
Microperf	1	2	-2,188*	,757	,023	-4,121	-,255
		3	1,911*	,709	,036	,101	3,721
	2	1	2,188*	,757	,023	,255	4,121
		3	4,099*	,529	,000	2,748	5,450
	3	1	-1,911*	,709	,036	-3,721	-,101
		2	-4,099*	,529	,000	-5,450	-2,748
Sin	1	2	-1,387	,757	,234	-3,320	,546
		3	2,936*	,709	,001	1,126	4,746
	2	1	1,387	,757	,234	-,546	3,320
		3	4,323*	,529	,000	2,972	5,674

	3	1	-2,936*	,709	,001	-4,746	-1,126
		2	-4,323*	,529	,000	-5,674	-2,972
Vacío	1	2	-,708	,757	1,000	-2,641	1,225
		3	-,694	,709	1,000	-2,504	1,116
	2	1	,708	,757	1,000	-1,225	2,641
		3	,014	,529	1,000	-1,337	1,365
	3	1	,694	,709	1,000	-1,116	2,504
		2	-,014	,529	1,000	-1,365	1,337

Se basa en medias marginales estimadas

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel ,05.

b. Ajuste para varias comparaciones: Bonferroni.

ANEXO C. Firmeza día 0 a día 30 - comparación por parejas empaque, tiempo y temperatura

C1. Comparaciones por parejas día 0 a día 15 ambiente y refrigeración

Empaque	Tiempo	(I) Temperatura	(J) Temperatura	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig. ^b	95% de intervalo de confianza para diferencia ^b	
							Límite inferior	Límite superior
Microperf	1	1	2	,000	,000	.	,000	,000
		2	1	,000	,000	.	,000	,000
	2	1	2	-5,691*	,458	,000	-6,631	-4,751
		2	1	5,691*	,458	,000	4,751	6,631
	3	1	2	-3,809*	,458	,000	-4,748	-2,870
		2	1	3,809*	,458	,000	2,870	4,748
	4	1	2	-3,750*	,478	,000	-4,730	-2,770
		2	1	3,750*	,478	,000	2,770	4,730
Sin	1	1	2	,000	,000	.	,000	,000
		2	1	,000	,000	.	,000	,000
	2	1	2	2,895*	,458	,000	1,955	3,835
		2	1	-2,895*	,458	,000	-3,835	-1,955
	3	1	2	-10,443*	,458	,000	-11,382	-9,504
		2	1	10,443*	,458	,000	9,504	11,382
	4	1	2	-3,037*	,478	,000	-4,017	-2,057
		2	1	3,037*	,478	,000	2,057	4,017
Vacío	1	1	2	,000	,000	.	,000	,000
		2	1	,000	,000	.	,000	,000
	2	1	2	-,617	,458	,189	-1,557	,323
		2	1	,617	,458	,189	-,323	1,557
	3	1	2	-10,925*	,458	,000	-11,864	-9,986
		2	1	10,925*	,458	,000	9,986	11,864
	4	1	2	-9,686*	,478	,000	-10,666	-8,706
		2	1	9,686*	,478	,000	8,706	10,666

Se basa en medias marginales estimadas

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel ,05.

b. Ajuste para varias comparaciones: Bonferroni.

ANEXO D. Pérdida de peso día 0 a día 30 - comparación por parejas tiempo, temperatura y empaque

D1. Comparaciones por parejas día 0 a día final ambiente y refrigeración

Tiempo	Temperatura	(I) Empaque	(J) Empaque	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig. ^b	95% de intervalo de confianza para diferencia ^b	
							Límite inferior	Límite superior
1	1	Microperforado	Sin	16,833	9,016	,333	-12,808	46,474
			Vacío	-5,500	9,016	1,000	-35,141	24,141
		Sin	Microperforado	-16,833	9,016	,333	-46,474	12,808
			Vacío	-22,333	9,016	,144	-51,974	7,308
		Vacío	Microperforado	5,500	9,016	1,000	-24,141	35,141
			Sin	22,333	9,016	,144	-7,308	51,974
	2	Microperforado	Sin	17,167	6,484	,114	-4,148	38,481
			Vacío	-6,333	6,484	1,000	-27,648	14,981
		Sin	Microperforado	-17,167	6,484	,114	-38,481	4,148
			Vacío	-23,500*	6,484	,033	-44,815	-2,185
		Vacío	Microperforado	6,333	6,484	1,000	-14,981	27,648
			Sin	23,500*	6,484	,033	2,185	44,815
2	1	Microperforado	Sin	18,167	9,158	,284	-11,940	48,273
			Vacío	-14,833	9,158	,469	-44,940	15,273
		Sin	Microperforado	-18,167	9,158	,284	-48,273	11,940
			Vacío	-33,000*	9,158	,034	-63,107	-2,893
		Vacío	Microperforado	14,833	9,158	,469	-15,273	44,940
			Sin	33,000*	9,158	,034	2,893	63,107
	2	Microperforado	Sin	18,667	6,451	,083	-2,540	39,873
			Vacío	-9,000	6,451	,637	-30,206	12,206
		Sin	Microperforado	-18,667	6,451	,083	-39,873	2,540
			Vacío	-27,667*	6,451	,015	-48,873	-6,460
		Vacío	Microperforado	9,000	6,451	,637	-12,206	30,206
			Sin	27,667*	6,451	,015	6,460	48,873

Se basa en medias marginales estimadas

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel ,05.

b. Ajuste para varias comparaciones: Bonferroni.

ANEXO E. Pérdida de peso día 0 a día 30 - comparación por parejas empaque temperatura y tiempo

E1. Comparaciones por parejas día 0 a día final ambiente y refrigeración

Empaque	Temperatura	(I) Tiempo	(J) Tiempo	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig. ^b	95% de intervalo de confianza diferencia ^b para	
							Límite inferior	Límite superior
Microperforado	1	1	2	11,000*	,215	,000	10,474	11,526
		2	1	-11,000*	,215	,000	-11,526	-10,474
	2	1	2	3,167*	,215	,000	2,640	3,693
		2	1	-3,167*	,215	,000	-3,693	-2,640
Sin	1	1	2	12,333*	,215	,000	11,807	12,860
		2	1	-12,333*	,215	,000	-12,860	-11,807
	2	1	2	4,667*	,215	,000	4,140	5,193
		2	1	-4,667*	,215	,000	-5,193	-4,140
Vacío	1	1	2	1,667*	,215	,000	1,140	2,193
		2	1	-1,667*	,215	,000	-2,193	-1,140
	2	1	2	,500	,215	,059	-,026	1,026
		2	1	-,500	,215	,059	-1,026	-,026

Se basa en medias marginales estimadas

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel ,05.

b. Ajuste para varias comparaciones: Bonferroni.

ANEXO F. Pérdida de peso día 0 a día 30 - comparación por parejas empaque, tiempo y temperatura

F1. Comparaciones por parejas día 0 a día final ambiente y refrigeración

Empaque	Tiempo	(I) Temperatura	(J) Temperatura	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig. ^a	95% de intervalo de confianza para diferencia ^a	
							Límite inferior	Límite superior
Microperforado	1	1	2	-6,000	8,582	,511	-27,000	15,000
		2	1	6,000	8,582	,511	-15,000	27,000
	2	1	2	-13,833	8,695	,163	-35,109	7,442
		2	1	13,833	8,695	,163	-7,442	35,109
Sin	1	1	2	-5,667	8,582	,534	-26,667	15,334
		2	1	5,667	8,582	,534	-15,334	26,667
	2	1	2	-13,333	8,695	,176	-34,609	7,942
		2	1	13,333	8,695	,176	-7,942	34,609
Vacío	1	1	2	-6,833	8,582	,456	-27,834	14,167
		2	1	6,833	8,582	,456	-14,167	27,834
	2	1	2	-8,000	8,695	,393	-29,276	13,276
		2	1	8,000	8,695	,393	-13,276	29,276

Se basa en medias marginales estimadas

a. Ajuste para varias comparaciones: Bonferroni.

ANEXO G. Colorimetría día 0 a día 30 - comparación por parejas tiempo, temperatura y empaque

G1. Comparaciones por parejas día 0 a día 15 ambiente y refrigeración

Tiempo	Temperatura	(I) Empaque	(J) Empaque	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig. ^b	95% de intervalo de confianza para diferencia ^b	
							Límite inferior	Límite superior
1	1	Microperforado	Sin	1,503	,816	,345	-1,179	4,186
			Vacío	,651	,816	1,000	-2,031	3,334
		Sin	Microperforado	-1,503	,816	,345	-4,186	1,179
			Vacío	-,852	,816	1,000	-3,535	1,830
		Vacío	Microperforado	-,651	,816	1,000	-3,334	2,031
			Sin	,852	,816	1,000	-1,830	3,535
	2	Microperforado	Sin	-,696	,592	,852	-2,642	1,249
			Vacío	1,411	,592	,163	-,534	3,357
		Sin	Microperforado	,696	,592	,852	-1,249	2,642
			Vacío	2,107*	,592	,036	,162	4,053
		Vacío	Microperforado	-1,411	,592	,163	-3,357	,534
			Sin	-2,107*	,592	,036	-4,053	-,162
2	1	Microperforado	Sin	-5,544	4,028	,654	-18,787	7,700
			Vacío	17,553*	4,028	,014	4,310	30,797
		Sin	Microperforado	5,544	4,028	,654	-7,700	18,787
			Vacío	23,097*	4,028	,004	9,854	36,341
		Vacío	Microperforado	-17,553*	4,028	,014	-30,797	-4,310
			Sin	-23,097*	4,028	,004	-36,341	-9,854
	2	Microperforado	Sin	,177	,549	1,000	-1,626	1,981
			Vacío	3,564*	,549	,002	1,760	5,368
		Sin	Microperforado	-,177	,549	1,000	-1,981	1,626
			Vacío	3,386*	,549	,002	1,582	5,190
		Vacío	Microperforado	-3,564*	,549	,002	-5,368	-1,760
			Sin	-3,386*	,549	,002	-5,190	-1,582
3	1	Microperforado	Sin	,366	5,183	1,000	-16,671	17,404
			Vacío	24,583*	5,183	,010	7,546	41,621
		Sin	Microperforado	-,366	5,183	1,000	-17,404	16,671
			Vacío	24,217*	5,183	,010	7,179	41,255
		Vacío	Microperforado	-24,583*	5,183	,010	-41,621	-7,546
			Sin	-24,217*	5,183	,010	-41,255	-7,179
	2	Microperforado	Sin	-,564	,715	1,000	-2,914	1,786
			Vacío	2,941*	,715	,019	,591	5,291
		Sin	Microperforado	,564	,715	1,000	-1,786	2,914
			Vacío	3,505*	,715	,008	1,155	5,855
		Vacío	Microperforado	-2,941*	,715	,019	-5,291	-,591
			Sin	-3,505*	,715	,008	-5,855	-1,155
4	1	Microperforado	Sin	-2,426	4,578	1,000	-17,476	12,625
			Vacío	24,155*	4,578	,006	9,105	39,205
		Sin	Microperforado	2,426	4,578	1,000	-12,625	17,476
			Vacío	26,581*	4,578	,003	11,531	41,631
		Vacío	Microperforado	-24,155*	4,578	,006	-39,205	-9,105
			Sin					

2	Microperforado	Sin	-26,581*	4,578	,003	-41,631	-11,531
		Sin	-,189	1,216	1,000	-4,188	3,810
	Sin	Vacío	4,057*	1,216	,047	,058	8,056
		Microperforado	,189	1,216	1,000	-3,810	4,188
	Vacío	Vacío	4,246*	1,216	,039	,247	8,245
		Microperforado	-4,057*	1,216	,047	-8,056	-,058
		Sin	-4,246*	1,216	,039	-8,245	-,247
Se basa en medias marginales estimadas							
*. La diferencia de medias es significativa en el nivel ,05.							
b. Ajuste para varias comparaciones: Bonferroni.							

G2. Comparaciones por parejas día 20 a día 30 refrigeración

Tiempo	(I) Empaque	(J) Empaque	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig. ^b	95% de intervalo de confianza para diferencia ^b	
						Límite inferior	Límite superior
1	Microperforado	Sin	1,624	1,221	,695	-2,390	5,639
		Vacío	8,262*	1,221	,002	4,248	12,277
	Sin	Microperforado	-1,624	1,221	,695	-5,639	2,390
		Vacío	6,638*	1,221	,005	2,623	10,652
	Vacío	Microperforado	-8,262*	1,221	,002	-12,277	-4,248
		Sin	-6,638*	1,221	,005	-10,652	-2,623
2	Microperforado	Sin	-2,256	1,195	,324	-6,186	1,673
		Vacío	6,695*	1,195	,004	2,766	10,624
	Sin	Microperforado	2,256	1,195	,324	-1,673	6,186
		Vacío	8,951*	1,195	,001	5,022	12,880
	Vacío	Microperforado	-6,695*	1,195	,004	-10,624	-2,766
		Sin	-8,951*	1,195	,001	-12,880	-5,022
3	Microperforado	Sin	-4,804	2,677	,369	-13,605	3,997
		Vacío	7,213	2,677	,108	-1,588	16,014
	Sin	Microperforado	4,804	2,677	,369	-3,997	13,605
		Vacío	12,017*	2,677	,012	3,216	20,818
	Vacío	Microperforado	-7,213	2,677	,108	-16,014	1,588
		Sin	-12,017*	2,677	,012	-20,818	-3,216
Se basa en medias marginales estimadas							
*. La diferencia de medias es significativa en el nivel ,05.							
b. Ajuste para varias comparaciones: Bonferroni.							

ANEXO H. Colorimetría día 0 a día 30 - comparación por parejas empaque, temperatura y tiempo

H1. Comparaciones por parejas día 0 a día 15 ambiente y refrigeración

Empaque	Temperatura	(I) Tiempo	(J) Tiempo	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig. ^b	95% de intervalo de confianza para diferencia ^b	
							Límite inferior	Límite superior
Microperforado	1	1	2	-16,088*	2,988	,010	-27,629	-4,546
			3	-23,649*	3,701	,004	-37,944	-9,353
			4	-21,999*	3,222	,003	-34,447	-9,551
		2	1	16,088*	2,988	,010	4,546	27,629
			3	-7,561*	1,312	,007	-12,631	-2,491
			4	-5,912	1,619	,064	-12,167	,344
		3	1	23,649*	3,701	,004	9,353	37,944
			2	7,561*	1,312	,007	2,491	12,631
			4	1,649	1,434	1,000	-3,891	7,189
		4	1	21,999*	3,222	,003	9,551	34,447
			2	5,912	1,619	,064	-,344	12,167
			3	-1,649	1,434	1,000	-7,189	3,891
	2	1	2	-2,814*	,532	,011	-4,868	-,760
			3	-2,835*	,599	,019	-5,150	-,521
			4	-4,052*	,983	,037	-7,849	-,254
		2	1	2,814*	,532	,011	,760	4,868
			3	-,021	,503	1,000	-1,966	1,923
			4	-1,238	,876	1,000	-4,621	2,145
		3	1	2,835*	,599	,019	,521	5,150
			2	,021	,503	1,000	-1,923	1,966
			4	-1,217	,858	1,000	-4,530	2,096
		4	1	4,052*	,983	,037	,254	7,849
			2	1,238	,876	1,000	-2,145	4,621
			3	1,217	,858	1,000	-2,096	4,530
Sin	1	1	2	-23,135*	2,988	,001	-34,677	-11,593
			3	-24,786*	3,701	,003	-39,082	-10,490
			4	-25,929*	3,222	,001	-38,376	-13,481
		2	1	23,135*	2,988	,001	11,593	34,677
			3	-1,651	1,312	1,000	-6,720	3,419
			4	-2,794	1,619	,812	-9,049	3,462
		3	1	24,786*	3,701	,003	10,490	39,082
			2	1,651	1,312	1,000	-3,419	6,720
			4	-1,143	1,434	1,000	-6,683	4,397
		4	1	25,929*	3,222	,001	13,481	38,376
			2	2,794	1,619	,812	-3,462	9,049
			3	1,143	1,434	1,000	-4,397	6,683
	2	1	2	-1,940	,532	,064	-3,995	,114
			3	-2,703*	,599	,024	-5,017	-,388
			4	-3,544	,983	,068	-7,342	,253
		2	1	1,940	,532	,064	-,114	3,995
			3	-,762	,503	1,000	-2,707	1,182

			4	-1,604	,876	,700	-4,987	1,779
		3	1	2,703*	,599	,024	,388	5,017
			2	,762	,503	1,000	-1,182	2,707
			4	-,841	,858	1,000	-4,154	2,472
		4	1	3,544	,983	,068	-,253	7,342
			2	1,604	,876	,700	-1,779	4,987
			3	,841	,858	1,000	-2,472	4,154
Vacío	1	1	2	,814	2,988	1,000	-10,727	12,356
			3	,283	3,701	1,000	-14,012	14,579
			4	1,504	3,222	1,000	-10,944	13,952
		2	1	-,814	2,988	1,000	-12,356	10,727
			3	-,531	1,312	1,000	-5,601	4,539
			4	,690	1,619	1,000	-5,565	6,946
		3	1	-,283	3,701	1,000	-14,579	14,012
			2	,531	1,312	1,000	-4,539	5,601
			4	1,221	1,434	1,000	-4,319	6,761
		4	1	-1,504	3,222	1,000	-13,952	10,944
			2	-,690	1,619	1,000	-6,946	5,565
			3	-1,221	1,434	1,000	-6,761	4,319
	2	1	2	-,661	,532	1,000	-2,716	1,393
			3	-1,305	,599	,434	-3,619	1,010
			4	-1,405	,983	1,000	-5,203	2,392
		2	1	,661	,532	1,000	-1,393	2,716
			3	-,644	,503	1,000	-2,588	1,301
			4	-,744	,876	1,000	-4,127	2,639
		3	1	1,305	,599	,434	-1,010	3,619
			2	,644	,503	1,000	-1,301	2,588
			4	-,101	,858	1,000	-3,414	3,212
		4	1	1,405	,983	1,000	-2,392	5,203
			2	,744	,876	1,000	-2,639	4,127
			3	,101	,858	1,000	-3,212	3,414

Se basa en medias marginales estimadas

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel ,05.

b. Ajuste para varias comparaciones: Bonferroni.

H2. Comparaciones por parejas día 20 a día 30 refrigeración

Empaque	(I) Tiempo	(J) Tiempo	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig. ^b	95% de intervalo de confianza para diferencia ^b	
						Límite inferior	Límite superior
Microperforado	1	2	1,568	,883	,379	-1,337	4,472
		3	,423	1,552	1,000	-4,680	5,527
	2	1	-1,568	,883	,379	-4,472	1,337
		3	-1,144	1,172	1,000	-4,997	2,708
	3	1	-,423	1,552	1,000	-5,527	4,680
		2	1,144	1,172	1,000	-2,708	4,997
Sin	1	2	-2,313	,883	,119	-5,217	,591
		3	-6,005*	1,552	,025	-11,108	-,901
	2	1	2,313	,883	,119	-,591	5,217
		3	-3,691	1,172	,059	-7,544	,161

	3	1	6,005*	1,552	,025	,901	11,108
		2	3,691	1,172	,059	-,161	7,544
Vacío	1	2	8,882E-16	,883	1,000	-2,904	2,904
		3	-,626	1,552	1,000	-5,729	4,478
	2	1	-8,882E-16	,883	1,000	-2,904	2,904
		3	-,626	1,172	1,000	-4,478	3,227
	3	1	,626	1,552	1,000	-4,478	5,729
		2	,626	1,172	1,000	-3,227	4,478
Se basa en medias marginales estimadas							
*. La diferencia de medias es significativa en el nivel ,05.							
b. Ajuste para varias comparaciones: Bonferroni.							

ANEXO I. Colorimetría día 0 a día 30 - comparación por parejas empaque, tiempo y temperatura

I1. Comparaciones por parejas día 0 a día 15 ambiente y refrigeración

Empaque	Tiempo	(I) Temperatura	(J) Temperatura	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig. ^b	95% de intervalo de confianza para diferencia ^b	
							Límite inferior	Límite superior
Microperforado	1	1	2	,745	,769	,370	-1,136	2,625
		2	1	-,745	,769	,370	-2,625	1,136
	2	1	2	14,018*	2,799	,002	7,169	20,868
		2	1	-14,018*	2,799	,002	-20,868	-7,169
	3	1	2	21,558*	3,943	,002	11,910	31,206
		2	1	-21,558*	3,943	,002	-31,206	-11,910
	4	1	2	18,692*	3,952	,003	9,021	28,363
		2	1	-18,692*	3,952	,003	-28,363	-9,021
Sin	1	1	2	-1,455	,769	,107	-3,336	,426
		2	1	1,455	,769	,107	-,426	3,336
	2	1	2	19,740*	2,799	,000	12,890	26,589
		2	1	-19,740*	2,799	,000	-26,589	-12,890
	3	1	2	20,628*	3,943	,002	10,980	30,276
		2	1	-20,628*	3,943	,002	-30,276	-10,980
	4	1	2	20,929*	3,952	,002	11,259	30,600
		2	1	-20,929*	3,952	,002	-30,600	-11,259
Vacío	1	1	2	1,504	,769	,098	-,376	3,385
		2	1	-1,504	,769	,098	-3,385	,376
	2	1	2	,029	2,799	,992	-6,821	6,878
		2	1	-,029	2,799	,992	-6,878	6,821
	3	1	2	-,084	3,943	,984	-9,732	9,564
		2	1	,084	3,943	,984	-9,564	9,732
	4	1	2	-1,405	3,952	,734	-11,076	8,265
		2	1	1,405	3,952	,734	-8,265	11,076
Se basa en medias marginales estimadas								
*. La diferencia de medias es significativa en el nivel ,05.								
b. Ajuste para varias comparaciones: Bonferroni.								

ANEXO J. Pungencia día 0 a día 30 - comparación por parejas tiempo, temperatura y empaque

J1. Comparaciones por parejas día 0 a día 15 ambiente y refrigeración

Tiempo	Temperatura	(I) Empaque	(J) Empaque	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig. ^b	95% de intervalo de confianza para diferencia ^b	
							Límite inferior	Límite superior
1	1	Microperforado	sin	,000	,113	1,000	-,549	,549
			Vacío	-2,665E-15	,113	1,000	-,549	,549
		sin	Microperforado	,000	,113	1,000	-,549	,549
			Vacío	-2,665E-15	,113	1,000	-,549	,549
		Vacío	Microperforado	2,665E-15	,113	1,000	-,549	,549
	sin		2,665E-15	,113	1,000	-,549	,549	
	2	Microperforado	sin	,000	,113	1,000	-,549	,549
			Vacío	-2,665E-15	,113	1,000	-,549	,549
		sin	Microperforado	,000	,113	1,000	-,549	,549
			Vacío	-2,665E-15	,113	1,000	-,549	,549
Vacío		Microperforado	2,665E-15	,113	1,000	-,549	,549	
	sin	2,665E-15	,113	1,000	-,549	,549		
2	1	Microperforado	sin	-2,430	,531	,059	-5,008	,148
			Vacío	6,875*	,531	,003	4,297	9,453
		sin	Microperforado	2,430	,531	,059	-,148	5,008
			Vacío	9,305*	,531	,001	6,727	11,883
		Vacío	Microperforado	-6,875*	,531	,003	-9,453	-4,297
	sin		-9,305*	,531	,001	-11,883	-6,727	
	2	Microperforado	sin	-1,525*	,267	,032	-2,822	-,228
			Vacío	1,655*	,267	,025	,358	2,952
		sin	Microperforado	1,525*	,267	,032	,228	2,822
			Vacío	3,180*	,267	,004	1,883	4,477
Vacío		Microperforado	-1,655*	,267	,025	-2,952	-,358	
	sin	-3,180*	,267	,004	-4,477	-1,883		
3	1	Microperforado	sin	-2,205	,570	,092	-4,973	,563
			Vacío	1,790	,570	,155	-,978	4,558
		sin	Microperforado	2,205	,570	,092	-,563	4,973
			Vacío	3,995*	,570	,018	1,227	6,763
		Vacío	Microperforado	-1,790	,570	,155	-4,558	,978
	sin		-3,995*	,570	,018	-6,763	-1,227	
	2	Microperforado	sin	4,475*	,461	,007	2,236	6,714
			Vacío	4,430*	,461	,007	2,191	6,669
		sin	Microperforado	-4,475*	,461	,007	-6,714	-2,236

		Vacío	-,045	,461	1,000	-2,284	2,194
	Vacío	Microperforado	-4,430*	,461	,007	-6,669	-2,191
		sin	,045	,461	1,000	-2,194	2,284
Se basa en medias marginales estimadas							
*. La diferencia de medias es significativa en el nivel ,05.							
b. Ajuste para varias comparaciones: Bonferroni.							

J2. Comparaciones por parejas día 20 a día 30 refrigeración

Tiempo	(I) Empaque	(J) Empaque	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig. ^b	95% de intervalo de confianza para diferencia ^b	
						Límite inferior	Límite superior
1	Microperforado	sin	6,040*	,736	,011	2,464	9,616
		Vacío	4,930*	,736	,020	1,354	8,506
	sin	Microperforado	-6,040*	,736	,011	-9,616	-2,464
		Vacío	-1,110	,736	,686	-4,686	2,466
	Vacío	Microperforado	-4,930*	,736	,020	-8,506	-1,354
		sin	1,110	,736	,686	-2,466	4,686
2	Microperforado	sin	8,430*	,571	,002	5,658	11,202
		Vacío	6,110*	,571	,005	3,338	8,882
	sin	Microperforado	-8,430*	,571	,002	-11,202	-5,658
		Vacío	-2,320	,571	,081	-5,092	,452
	Vacío	Microperforado	-6,110*	,571	,005	-8,882	-3,338
		sin	2,320	,571	,081	-,452	5,092
3	Microperforado	sin	8,745*	,438	,001	6,616	10,874
		Vacío	6,300*	,438	,002	4,171	8,429
	sin	Microperforado	-8,745*	,438	,001	-10,874	-6,616
		Vacío	-2,445*	,438	,034	-4,574	-,316
	Vacío	Microperforado	-6,300*	,438	,002	-8,429	-4,171
		sin	2,445*	,438	,034	,316	4,574
Se basa en medias marginales estimadas							
*. La diferencia de medias es significativa en el nivel ,05.							
b. Ajuste para varias comparaciones: Bonferroni.							

ANEXO K. Pungencia día 0 a día 30 - comparación por parejas empaque, temperatura y tiempo

K1. Comparaciones por parejas día 0 a día 15 ambiente y refrigeración

Empaque	Temperatura	(I) Tiempo	(J) Tiempo	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig. ^b	95% de intervalo de confianza para diferencia ^b	
							Límite inferior	Límite superior
Microperforado	1	1	2	-3,465*	,399	,010	-5,405	-1,525
			3	-3,770*	,445	,010	-5,933	-1,607
		2	1	3,465*	,399	,010	1,525	5,405
			3	-,305	,682	1,000	-3,618	3,008
		3	1	3,770*	,445	,010	1,607	5,933
			2	,305	,682	1,000	-3,008	3,618
	2	1	2	1,060	,239	,064	-,099	2,219
			3	-6,510*	,302	,001	-7,975	-5,045
		2	1	-1,060	,239	,064	-2,219	,099
			3	-7,570*	,354	,001	-9,289	-5,851
		3	1	6,510*	,302	,001	5,045	7,975
			2	7,570*	,354	,001	5,851	9,289
sin	1	1	2	-5,895*	,399	,002	-7,835	-3,955
			3	-5,975*	,445	,003	-8,138	-3,812
		2	1	5,895*	,399	,002	3,955	7,835
			3	-,080	,682	1,000	-3,393	3,233
		3	1	5,975*	,445	,003	3,812	8,138
			2	,080	,682	1,000	-3,233	3,393
	2	1	2	-,465	,239	,440	-1,624	,694
			3	-2,035*	,302	,020	-3,500	-,570
		2	1	,465	,239	,440	-,694	1,624
			3	-1,570	,354	,064	-3,289	,149
		3	1	2,035*	,302	,020	,570	3,500
			2	1,570	,354	,064	-,149	3,289
Vacío	1	1	2	3,410*	,399	,010	1,470	5,350
			3	-1,980	,445	,064	-4,143	,183
		2	1	-3,410*	,399	,010	-5,350	-1,470
			3	-5,390*	,682	,013	-8,703	-2,077
		3	1	1,980	,445	,064	-,183	4,143
			2	5,390*	,682	,013	2,077	8,703
	2	1	2	2,715*	,239	,004	1,556	3,874
			3	-2,080*	,302	,019	-3,545	-,615
		2	1	-2,715*	,239	,004	-3,874	-1,556
			3	-4,795*	,354	,003	-6,514	-3,076
		3	1	2,080*	,302	,019	,615	3,545
			2	4,795*	,354	,003	3,076	6,514

Se basa en medias marginales estimadas

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel ,05.

b. Ajuste para varias comparaciones: Bonferroni.

K2. Comparaciones por parejas día 20 a día 30 refrigeración

Empaque	(I) Tiempo	(J) Tiempo	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig. ^a	95% de intervalo de confianza para diferencia ^a	
						Límite inferior	Límite superior
Microperforado	1	2	-2,225	,775	,192	-5,991	1,541
		3	-2,405	,810	,177	-6,339	1,529
	2	1	2,225	,775	,192	-1,541	5,991
		3	-,180	,374	1,000	-1,998	1,638
	3	1	2,405	,810	,177	-1,529	6,339
		2	,180	,374	1,000	-1,638	1,998
sin	1	2	,165	,775	1,000	-3,601	3,931
		3	,300	,810	1,000	-3,634	4,234
	2	1	-,165	,775	1,000	-3,931	3,601
		3	,135	,374	1,000	-1,683	1,953
	3	1	-,300	,810	1,000	-4,234	3,634
		2	-,135	,374	1,000	-1,953	1,683
Vacío	1	2	-1,045	,775	,812	-4,811	2,721
		3	-1,035	,810	,874	-4,969	2,899
	2	1	1,045	,775	,812	-2,721	4,811
		3	,010	,374	1,000	-1,808	1,828
	3	1	1,035	,810	,874	-2,899	4,969
		2	-,010	,374	1,000	-1,828	1,808
Se basa en medias marginales estimadas							
a. Ajuste para varias comparaciones: Bonferroni.							

ANEXO L. Pungencia día 0 a día 30 - comparación por parejas empaque, tiempo y temperatura

L1. Comparaciones por parejas día 0 a día 15 ambiente y refrigeración

Empaque	Tiempo	(I) Temperatura	(J) Temperatura	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig. ^b	95% de intervalo de confianza para diferencia ^p	
							Límite inferior	Límite superior
Microperforado	1	1	2	,000	,000	.	,000	,000
		2	1	,000	,000	.	,000	,000
	2	1	2	4,525*	,237	,000	3,771	5,279
		2	1	-4,525*	,237	,000	-5,279	-3,771
	3	1	2	-2,740*	,728	,033	-5,055	-,425
		2	1	2,740*	,728	,033	4,25	5,055
sin	1	1	2	,000	,000	.	,000	,000
		2	1	,000	,000	.	,000	,000
	2	1	2	5,430*	,237	,000	4,676	6,184
		2	1	-5,430*	,237	,000	-6,184	-4,676
	3	1	2	3,940*	,728	,012	1,625	6,255
		2	1	-3,940*	,728	,012	-6,255	-1,625
Vacío	1	1	2	,000	,000	.	,000	,000
		2	1	,000	,000	.	,000	,000
	2	1	2	-,695	,237	,061	-1,449	,059
		2	1	,695	,237	,061	-,059	1,449
	3	1	2	-,100	,728	,899	-2,415	2,215
		2	1	,100	,728	,899	2,215	2,415

Se basa en medias marginales estimadas

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel ,05.

b. Ajuste para varias comparaciones: Bonferroni.