

Determinación de Calidad y Cambios Microbiológicos en Calabaza
Mínimamente Procesada y Empacada en Polietileno de Baja Densidad

Por
Natasha Andón Sánchez

Tesis sometida en cumplimiento parcial de los requisitos para el grado de

MAESTRO EN CIENCIAS
En
CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO
MAYAGÜEZ CAMPUS
2014

Aprobado por:

Linda Wessel Beaver, Ph.D.
Miembro, Comité Graduado

Fecha

Lynette E. Orellana Feliciano, Ph.D.
Miembro, Comité Graduado

Fecha

Rosa N. Chávez Jáuregui, Ph.D.
Presidente, Comité Graduado

Fecha

Jaime E. Curbelo Rodríguez, Ph.D.
Representante de Estudios Graduados

Fecha

Aixa Rivera, M.S.
Coordinadora, Programa de Ciencia y Tecnología de Alimentos

Fecha

ABSTRACT

Minimally processed tropical pumpkin (*Cucurbita moschata*) has considerable potential to create new value-added market opportunities in Puerto Rico. Minimal processing can potentially impact the chemical and physical characteristics and acceptability of products. The aim of this work was to evaluate the quality and microbiology of minimally processed tropical pumpkin packed in low density polyethylene (LDPE) bags and stored for 20 days. The varieties used were Taína Dorada and Soler recently developed by the Agricultural Experiment Station of the University of Puerto Rico. The pieces were treated by immersion in an antimicrobial solution containing citric acid (0.2%) and sodium benzoate (0.1%) for 3 min and centrifuged in a salad spinner. Cubed pumpkins (150 gram) were packed in LDPE bags, and either vacuum sealed or sealed without vacuum and stored at $4^{\circ}\text{C} \pm 2$ for a period of 20 days. Physical and chemical measurements were taken at 0, 15 and 20 days after storage. A total of 7 runs (complete blocks) were used. In general, there were minimum effects of storage time on the chemical and physical characteristics of the pumpkin pieces. Total aerobic bacteria count, fungi and yeasts were similar in non-vacuum sealed bags and in vacuum sealed bags; however, the levels of these parameters were within safety limits. The presence of coliforms, *Staphylococcus aureus*, *Lactobacillus* spp. and *Escherichia coli* during 20 days of storage in both types of sealed bags were $<10 \log \text{UFC/g}$. The percentage of O_2 decreased continuously in non-vacuum sealed bags stored for up to 48 hrs while the percentage of CO_2 increased up to 72 hrs of storage. A sensorial panel judged pumpkin pieces stored for 20 days and 82% concluded to be of an acceptable quality. A minimally processed product based on pumpkin treated with an antimicrobial solution, packed in LDPE bags (vacuum sealed and without vacuum) and stored for 20 days at $4^{\circ}\text{C} \pm 2$ presented safe microbiological levels and acceptable quality by the consumer.

RESUMEN

La calabaza (*Cucurbita moschata*) mínimamente procesada tiene un potencial considerable para crear nuevas oportunidades de mercado de valor agregado en Puerto Rico. El procesamiento mínimo puede tener un impacto en las características químicas y físicas y la aceptabilidad del producto. El objetivo de este trabajo fue evaluar la calidad y microbiología de la calabaza tropical mínimamente procesada empacada en bolsa de polietileno de baja densidad (LDPE, por sus siglas en inglés) y almacenada durante 20 días. Se utilizaron dos variedades recientemente desarrolladas por la Estación Experimental Agrícola de la Universidad de Puerto Rico: Taína Dorada y Soler. Pedazos de calabaza fueron tratados por inmersión con una solución antimicrobiana que contenía ácido cítrico (0.2%) y benzoato de sodio (0.1%) durante 3 min y centrifugados en una hilandera de ensaladas. Una muestra de 150 gramos (cubos) fue empacada en bolsas de LDPE, sellados al vacío y sin vacío y almacenados a $4^{\circ}\text{C} \pm 2$ durante un período de 20 días. Las mediciones físicas y químicas se tomaron a los 0, 15 y 20 días post-almacenamiento. Se utilizaron un total de 7 corridas (bloques completos). El tiempo de almacenamiento tuvo un efecto mínimo sobre las características químicas y físicas de los pedazos de calabazas. El recuento de bacterias aeróbicas totales, hongos y levaduras fueron similares en bolsas sin vacío que en las selladas al vacío, sin embargo, los niveles microbiológicos son considerarse seguros. La presencia de coliformes, *Staphylococcus aureus*, *Lactobacillus* spp. y *Escherichia coli* durante los 20 días de almacenamiento fue $<10 \log \text{ UFC/g}$ en ambos tipos de sellados. El contenido de O_2 en los empaques sellados sin vacío disminuyó en las 48 hrs de almacenamiento, mientras que el contenido de CO_2 tuvo un incremento hasta las 72 hrs. En el panel sensorial, el 82% del jurado determinó que la calabaza almacenada por 20 días mantiene una calidad aceptable. El producto mínimamente procesado a partir de calabaza tratada con una solución

antimicrobial, empacada en bolsa de LDPE (selladas al vacío y sin vacío) y almacenada por 20 días a $4^{\circ}\text{C} \pm 2$ presentó niveles microbiológicos seguros y una calidad aceptable por el consumidor.

Derechos de Autor Reservados ©

Natasha Andón Sánchez

2014

DEDICATORIA

A mi madre Marta Sánchez, que eres mi modelo a seguir para ser una mujer trabajadora, luchadora y sobre todo triunfadora. Gracias por tu apoyo incondicional. Es por tí que he obtenido mis mayores logros.

A mi príncipe y gran tesoro, mi hijo Nicolás Upegui, eres mi inspiración y motivación para la superación.

A mi padre Alfonso Andón y mis hermanos, Nélide, Alfonso y Javier, que a pesar de la distancia me han apoyado y sé que cuento con ustedes.

A mis amigos por sus consejos y enseñarme a no rendirme en los momentos difíciles.

AGRADECIMIENTOS

A la Dra. Rosa N. Chávez Jáuregui, por su colaboración, orientación y disposición en el desarrollo de mi proyecto de tesis.

A la Dra. Linda Wessel Beaver, por su consejo, orientación, por las fotografías de las calabazas Taína Dorada y Soler y ayuda en el desarrollo de mi proyecto de tesis.

A la Dra. Lynette E. Orellana Feliciano, por su colaboración, orientación en el desarrollo de mi proyecto de tesis.

Al Programa de Ciencia y Tecnología de Alimentos por proveer las facilidades para el desarrollo de mi proyecto tesis.

A mi familia por su apoyo incondicional y por motivarme a lograr mis metas.

A Paola Illas, por su colaboración como estudiante de investigación subgraduada en este proyecto de tesis.

A mis amigas Tatiana y Susie por haberme soportado en mis momentos de estrés y darme apoyo moral. Fueron mi pañuelo de lágrimas, sin ustedes no hubiera sobrevivido.

A mi novio Mauricio, por su colaboración, apoyo, paciencia y ayuda en el desarrollo de mi proyecto de tesis.

TABLA DE CONTENIDO

ABSTRACT.....	ii
RESUMEN	iii
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTOS	vii
TABLA DE CONTENIDO.....	viii
LISTADO DE TABLAS.....	xiii
LISTADO DE FIGURAS	xvi
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS	4
2.1. Objetivo general	4
2.2. Objetivos específicos.....	4
3. REVISIÓN LITERARIA	5
3.1. Calabaza	5
3.1.1. Composición química.....	5
3.1.2. Usos.....	5
3.2. Procesamiento mínimo	6
3.2.1. Definición.....	6
3.3. Métodos de conservación	10

3.3.1. Atmósfera modificada.....	10
3.3.1.1. Producción de etileno.....	11
3.3.2. Empaque.....	12
3.3.3. Temperatura	13
3.4. Medidas física-químicas.....	14
3.4.1. Físicos.....	14
3.4.1.1 Firmeza.....	14
3.4.1.2. Color.....	15
3.4.1.3. Medición de la tasa respiratoria	15
3.4.2. pH.....	15
3.4.3. Acidez titulable	16
3.4.4. °Brix	16
3.4.5. Análisis proximal	16
3.4.5.1. Humedad	17
3.4.5.2. Determinación de grasas	17
3.4.5.3. Determinación de fibra cruda.....	18
3.4.5.4. Determinación de proteínas.....	18
3.4.5.5. Cenizas	19
3.4.5.6. Carbohidratos	19
3.4.6. Microbiología.....	20

3.4.6.1. Factores intrínsecos	20
3.4.6.1.1. pH.....	20
3.4.6.1.2. Actividad de agua (a_w)	21
3.4.6.1.3. Potencial de oxidación-reducción	21
3.4.6.1.4. Contenido de nutrientes.....	22
3.4.6.2. Factores extrínsecos	22
3.4.6.2.1. Temperatura de almacenamiento	22
4. MATERIALES Y MÉTODOS	25
4.1. Experimento 1 (Taíña Dorada).....	25
4.1.1. Diseño Experimental.....	25
4.1.2. Procesamiento mínimo.....	25
4.1.3. Medidas físico-químicas y microbiológicas.....	29
4.1.3.1. Medidas de pH	29
4.1.3.2. Medidas de color	29
4.1.3.3. Firmeza.....	30
4.1.3.4. Sólidos solubles totales	30
Recuento de aerobios totales	31
Recuento de <i>Escherichia coli</i> y coliformes.....	31
Recuento de <i>Staphylococcus aureus</i>	32
Recuento de bacterias ácido lácticas	32

Recuento de hongos y levaduras	32
4.1.4. Monitoreo de la concentración de O ₂ y CO ₂ dentro de los empaques	32
4.1.5. Análisis proximal	33
4.1.6. Análisis estadístico	33
4.2. Experimento 2, variedad Soler	33
4.3. Experimento 3, estudio sensorial	33
5. RESULTADOS.....	35
5.1. Experimento 1 (variedad Taína Dorada).....	35
5.1.1. Análisis físico-químico	35
5.1.1.1. pH.....	35
5.1.1.2. °Brix y porcentaje de acidez	35
5.1.1.3. Firmeza.....	35
5.1.1.4. Color.....	36
5.1.1.5. Análisis microbiológico	37
5.1.1.6. Monitoreo de la concentración de O ₂ y CO ₂ dentro de los empaques	38
5.1.1.7. Análisis proximal	39
5.2 Experimento 2 (variedad Soler)	40
5.2.1 Análisis físico-químico	40
5.2.1.1. pH.....	40
5.2.1.2. °Brix y porcentaje de acidez	41

5.2.1.3. Firmeza.....	41
5.2.1.4. Color.....	41
5.2.1.5. Análisis microbiológico	41
5.2.1.6. Monitoreo de la concentración de O ₂ y CO ₂ dentro de los empaques	42
5.2.1.7. Análisis proximal	44
5.3. Experimento 3	45
5.3.1. Análisis sensorial.....	45
6. DISCUSIÓN	46
7. CONCLUSIÓN.....	53
8. RECOMENDACIONES.....	54
9. LITERATURA CITADA	55
10. APÉNDICE.....	62
10.1. Análisis estadístico.....	62
10.1.1. Análisis físico-químico de pedazos de calabaza Taína Dorada	62
10.1.2. Análisis microbiológico de pedazos de calabaza Taína Dorada	66
10.1.3. Análisis físico-químico de pedazos de calabaza Soler.....	67
10.1.4. Análisis microbiológico de pedazos de calabaza Soler.....	71
10.1.5. Monitoreo de la concentración de O ₂ y CO ₂ dentro de los empaques (%)	73
10.1.6. Aceptabilidad de los pedazos de calabazas Taína Dorada y Soler.....	74
10.2. Carta de exento de Comité para la Protección de los Seres Humanos en la	

Investigación (CPSHI) 76

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Composición química de calabaza.....	5
Tabla 2. Valores de pH, Brix, porciento de acidez y firmeza de calabaza Taína Dorada mínimamente procesada, empacada al vacío y sin vacío y almacenada por 15 y 20 días a $4^{\circ}\text{C} \pm 2$	36
Tabla 3. Valores de L, hue y chroma de calabaza Taína Dorada mínimamente procesada, empacada al vacío y sin vacío, y almacenada por 15 y 20 días a $4^{\circ}\text{C} \pm 2$	37
Tabla 4. Perfil microbiano de calabaza Taína Dorada mínimamente procesada, empacada al vacío y sin vacío, y almacenada por 15 y 20 días.	38
Tabla 5. Porcentaje de CO_2 y O_2 en empaque sellado sin vacío de Taína Dorada mínimamente procesada durante 72 horas.	39
Tabla 6. Composición química de calabaza Taína Dorada mínimamente procesada en el día 0 y a los 20 días de almacenamiento	39
Tabla 7. Valores de pH, °Brix, porciento de acidez y firmeza de calabaza Soler mínimamente procesada, empacadas al vacío y sin vacío, y almacenada a 15 y 20 días a $4^{\circ}\text{C} \pm 2$	40
Tabla 8. Valores de L, hue y chroma de calabaza Soler mínimamente procesada, empacada al vacío y sin vacío, y almacenada por 15 y 20 días a $4^{\circ}\text{C} \pm 2$	42
Tabla 9. Perfil microbiano de calabaza Soler mínimamente procesada, empacada al vacío y sin vacío, y almacenada por 15 y 20 días.	43
Tabla 10. Porcentaje de CO_2 y O_2 en empaque sellado sin vacío de pedazos de calabaza Soler mínimamente procesada durante 72 horas.	44

Tabla 11. Composición química de calabaza Soler mínimamente procesada en el día 0 y a los 20 días de almacenamiento.	44
Tabla 12. Aceptabilidad de las calabazas Taína Dorada y Soler mínimamente procesadas, no empacadas (día 0) y empacadas al vacío y no vacío, y almacenadas por 20 días.	45

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Calabazas utilizadas para el procesamiento mínimo: A. Taína Dorada y B. Soler	26
Figura 2. Tipos de sellados de pedazos de calabazas mínimamente procesados: A. Al vacío y B. sin vacío.....	27
Figura 3. Diagrama de flujo para el procesamiento mínimo de la calabaza	28

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la sociedad ha sufrido cambios en el modo de consumir alimentos debido a las alteraciones en su estilo de vida teniendo poco tiempo para preparar un alimento saludable y nutritivo. A consecuencia de esto, la demanda y la necesidad en consumir alimentos frescos con alto valor nutritivo y mínimamente procesados. Según el Global Agricultural Trade System (GATS) (USDA, 2014*a*), en el 2013 se generó en exportación a nivel mundial \$2.33 billones en vegetales procesados, mientras que en el 2014 fue de \$2.58 billones, un incremento de 10.35%.

El procesamiento mínimo de alimentos está basado en lavar, remover partes no comestibles (cáscara, semillas, etc.), sanitizar, enjuagar, secar y empacar el alimento disminuyendo el trabajo laborar al consumidor. Ofreciéndole un producto con mayor largo de vida útil, relativo al producto fresco, sin modificar el valor nutritivo ni la calidad sensorial. La desventaja de productos sometidos a procesamiento mínimo es que estos presentan mayor deterioro debido a la ruptura del tejido por el corte, provocando cambios bioquímicos que aceleran el proceso de la descomposición (Sgroppo y Sosa, 2009) y expone los tejidos internos haciéndolos más susceptibles a la contaminación microbiana (Sasaki, 2005). Por este motivo se han desarrollado técnicas de conservación tales como el almacenamiento a temperaturas bajas y atmósfera modificada que extiende la vida útil y protege del deterioro de la calidad sensorial del alimento (Habibunnisa et al., 2001).

Temperaturas entre 0°C a 3°C pueden extender la vida útil de alimentos mínimamente procesados desde 5 a 18 días, ya que el proceso de degradación es retardado por la baja

temperatura la cual causa una reducción en la tasa respiratoria (Watada et al., 1990). Similarmente, al modificar la composición de la atmósfera en la cual el alimento es almacenado, donde las concentraciones de CO₂ y O₂ presente son controladas, reduce el metabolismo y el proceso de maduración (Kader, 1989).

Los empaques de frutas en láminas de plásticos disminuyen la tasa de respiración, transpiración, crecimiento microbiano y reacciones metabólicas (Yamashita et al., 2001). Las láminas de plástico que son más utilizada en la poscosecha son el cloruro de polivinilo (PVC, por sus siglas en inglés), polietileno de baja densidad (LDPE, por sus siglas en inglés) y polietileno de alta densidad (HDPE, por sus siglas en inglés). Estas láminas tienen diferentes grados de permeabilidad al vapor de agua y los gases CO₂, O₂ y etileno. El polietileno de baja densidad es la segunda lámina que es más permeable al vapor de agua (Batista et al., 2007).

Las calabazas *Cucurbita pepo*, *C. maxima* y *C. moschata* son nativas de América subtropical y tropical. Estas son fuentes de alimento ricos en carotenoides, fólido y vitamina C y E y están ampliamente disponibles todo el año (Azevedo-Meleiro y Rodriguez-Amaya, 2007). La calabaza (*C. moschata*) ha sido esencial en la dieta de los países de América Latina y otras partes del mundo (Lira y Montes, 1992). A nivel mundial, para el año 2011 los 5 países de mayor producción de calabaza fueron: China con una producción de 6, 905,000 toneladas, India con 4, 695,542 toneladas, Rusia con una producción de 1, 175,890 toneladas, Irán con una producción de 951,253 y Estados Unidos con 814,330 toneladas (FAO, 2011). Estados Unidos cosechó en el 2012 43,600 acres, obteniendo una producción de 7, 497,000 quintales lo que presentó una ganancia de \$248.7 millones (USDA, 2014c). Para el año fiscal 2011, Puerto Rico produjo alrededor de 116,424 quintales de calabazas con un valor total de \$ 2.4 millones. A pesar que la

calabaza en Puerto Rico es utilizada para preparar el plato típico de arroz con habichuelas, se ha sustituido debido a la mano de obra necesaria en la preparación de la fruta para su uso.

Se espera que la investigación sobre el uso de calabaza mínimamente procesada ayude en aumentar el consumo en Puerto Rico de este importante y nutritivo cultivo.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Evaluar la influencia de los tipos de sellados (al vacío y sin vacío) en bolsas de polietileno de baja densidad sobre la calidad y microbiología de la calabaza mínimamente procesada y almacenada durante 20 días.

2.2. Objetivos específicos

- a. Determinar y comparar los cambios físico-químicos de la calabaza mínimamente procesada en los dos tipos de sellados durante 20 días de almacenamiento.
- b. Determinar y comparar la carga microbiana de la calabaza mínimamente procesada en los dos tipos de sellados durante 20 días de almacenamiento.
- c. Determinar y comparar la calidad sensorial de la calabaza mínimamente procesada antes y después del almacenamiento.

3. REVISIÓN LITERARIA

3.1. Calabaza

3.1.1. Composición química

Los vegetales de la familia *Cucurbitaceae*, que incluye a los pepinos, las sandías, los melones y las calabazas, aportan una cantidad significativa de vitaminas y minerales a la dieta (Roura et al., 2004). Las calabazas tienen un alto contenido de humedad, un bajo contenido de grasas y posee un bajo valor energético. Son una fuente excelente de vitaminas, minerales y fibra dietaria (Alvés et al., 2010b).

Tabla 1. Composición química de calabaza

Humedad (%)	86.41	91.55
Proteína (%)	1.00	1.14
Grasa (%)	0.10	0.07
Carbohidratos (%)	11.69	-
Fibra	2.00	1.06
Ceniza total (%)	-	0.89
Valor energético	45.00	-

Fuente: primera columna (USDA, 2014b), segunda columna (Jacobo-Valenzuela et al., 2011)

3.1.2. Usos

Cucurbita moschata, conocida también como zapallo, ahuyama y calabaza, pertenece al grupo de cucurbitáceas que una vez las frutas han madurado pueden ser almacenadas para usarse con fines culinarios o de alimentación. Existen varios usos culinarios del cultivo de la calabaza, ya sea como un vegetal o como un ingrediente en la preparación de tartas, sopas, guisados y

panes (Doymaz, 2007; Guiné et al., 2011). También se ha reportado su uso en la medicina tradicional (Fu et al., 2006).

3.2. Procesamiento mínimo

3.2.1. Definición

Actualmente, los consumidores tiene un estilo de vida muy diferente a la de hace muchos años. Viven en una vida ajetreada, teniendo poco tiempo para preparar un alimento nutritivo. Tradicionalmente, los vegetales frescos han sido preparados por un proceso de lavado, corte y pelado inmediatamente u horas antes de servir. Debido a la tarea que se requiere en preparar los vegetales, los consumidores demandan un producto nutritivo, con características de frescura y fácil de preparar o usar. Las demandas lograron que las industrias desarrollaran variedades de productos mínimamente procesados. Alimentos mínimamente procesados se refiere a productos que pasaron por procesos tales como el lavado, corte y pelado que después se empaacan con el propósito de brindar a los consumidores un producto con características de frescura, de buena calidad y valor nutritivo (Alvés et al., 2010a). Los productos mínimamente procesados tienen un largo de vida corto en comparación al producto entero, esto se debe a que las células son destruidas por las operaciones mecánicas alterando el metabolismo celular (Sasaki, 2005).

Las frutas y vegetales mínimamente procesados, están sometidos a procesos tales como en la selección, lavado, pelado, corte, desinfección, secado y empacado (Ramos et al., 2013). A continuación se muestran las etapas de un proceso mínimo.

- **Materia prima** - Es fundamental para la producción de un producto mínimamente procesado. La materia prima debe tener unas cualidades aceptables al momento de ser

seleccionada. Factores como tamaño, forma, color, firmeza, magulladuras, superficies cortadas, etc. (Parzanese, 2014) deben considerarse al momento de su selección debido a que el producto se verá afectado, perjudicando la calidad del mismo. También hay que considerar la variedad de la fruta o vegetal ya que no todas las variedades son apropiadas para el procesamiento mínimo debido a un factor intrínseco como el contenido de agua que puede afectar la vida útil del producto (Ohlsson y Bengtsson, 2002). La materia prima debe ser refrigerada si el procesamiento mínimo no ocurre inmediatamente.

- Lavado - El lavado consiste en remover la suciedad como la tierra u otros contaminantes físicos con el propósito en reducir la carga microbiana (Parzanese, 2014). Es una etapa que influye en la presencia de microorganismos y la vida útil del producto (Parzanese, 2014; Allende et al., 2006). Las frutas y vegetales utilizados para procesamiento mínimo deben de limpiarse antes de procesar ya que están cubiertos con tierra, barro y arena (Ohlsson y Bengtsson, 2002). Si esta etapa no es realizada, los microorganismos de deterioro presentes en la cáscara son transferidos a la pulpa en donde pueden proliferar debido a la presencia de los nutrientes (Corbo et al., 2004). El lavado como la desinfección, reduce la población microbiana por 1-2 unidades de log con métodos convencionales en frutas y vegetales frescos (Saper, 2001).
- Pelado y Corte - Proceso que afecta físicamente al vegetal, induciendo la aceleración de cambios fisiológicos (Cliffe-Byrnes y O'Beirne, 2005) y proliferación microbiana. La acción mecánica que se ejerce al cortar y pelar la fruta o vegetal en un procesamiento mínimo afecta el largo de vida útil del producto al igual que el incremento en la población microbiana (Hurst, 1995). Para minimizar el daño físico al procesar la fruta o vegetal, se puede realizar los cortes con cuchillos o navajas con buen filo de material de

acero inoxidable (Allende et al., 2006). Los daños producidos al tejido vegetal durante el procesamiento mínimo disminuye el largo de vida útil del producto (Oliveira et al., 2012). Los efectos de las lesiones provoca el rompimiento del organelo, altera la permeabilidad de la célula, provoca desorganización celular activando la síntesis de etileno y aumentando la tasa respiratoria (Sasaki et al., 2006). Muchos autores han observado un aumento en dióxido de carbono y la evolución de etileno, la pérdida de agua, alteraciones en el sabor y aroma, en los perfiles de volátiles, y el aumento de la actividad de enzimas relacionadas con pardeamiento enzimático (Artés et al., 1998; Brecht, 1995; Saltveit, 2003). Debido a esto es necesario refrigerar el producto a 4°C inmediatamente después del cortado para evitar el deterioro rápido (Parzanese, 2014).

- Lavado y desinfección - La acción del pelado y del corte produce daños a los tejidos de las frutas y vegetales provocando la producción de jugos. El lavado después de esta operación es importante ya que elimina los jugos y los microorganismos presentes, reduciendo el crecimiento microbiano y la oxidación enzimática durante el almacenamiento (Ohlsson y Bengtsson, 2002). La desinfección o descontaminación es crítico para garantizar la seguridad y el largo de vida útil de los vegetales listo para consumo (Ongeng et al., 2006). Los métodos químicos son utilizados como agentes antimicrobiano con el propósito de reducir o eliminar la contaminación microbiana (Cliffe-Bymes y O'Beirne, 2005). Ejemplos de métodos químicos son el hipoclorito, dióxido de cloro, peróxido de hidrógeno, ozono y ácidos orgánicos (Ramos et al., 2013). También existen métodos físicos no térmicos con el fin de reducir o eliminar la carga microbiana. Irradiación, luz ultravioleta (UV), ultrasonido y procesado de alimentos en alta presión son algunos ejemplos de ellos (Ramos et al., 2013). Al momento de

seleccionar el método de desinfección hay que tener en cuenta varios factores tales como los parámetros físicos-químicos del agua (pH y temperatura por ejemplo), tipo de fruta o vegetal a procesar, forma de aplicación del desinfectante, tiempo de contacto, carga microbiana inicial y relación entre peso y superficie del producto (Parzense, 2014).

- Secado - Etapa que se realiza para eliminar el exceso de humedad presente en la fruta o vegetal mínimamente procesada antes de ser empacada. El secado puede realizarse con centrífuga o un secado convectivo por aire frío seco (Parzanese, 2014).
- Empaquetado - El objetivo es de proteger el producto de contaminación de microorganismo, daños físicos o químicos durante su almacenamiento, distribución y comercialización (Parzanese, 2014). Al utilizar el material de empaque correcto en el cual la permeabilidad de la lámina del empaque se adapte a la respiración del producto (Sandhya, 2009), y una temperatura de almacenamiento adecuada, podrá reducir la tasa de respiratoria e inhibir los microorganismos de deterioro, alargando la vida útil del producto (Gibe y Kim, 2013). Empacar en atmósfera modificada una fruta o vegetal mínimamente procesada es una técnica que se utiliza para alargar la vida útil ya que a bajas concentraciones de oxígeno los microorganismo de deterioro proliferan lentamente (Sandhya, 2009).
- Almacenamiento - La temperatura de almacenamiento es uno de los factores que afecta el deterioro de frutas y vegetales mínimamente procesados (Allende et al., 2006). Bajas temperaturas durante el procesamiento y almacenamiento disminuye considerablemente la actividad bioquímica y la proliferación microbiana (Watada et al., 1990). La maduración y la producción de etileno de una fruta o vegetal incrementan al ser

almacenada a temperaturas altas y se retardan al almacenarla a una temperatura cercana a 0°C (Sandhya, 2009). Para mantener una buena calidad, el producto debe ser procesado y almacenado a temperaturas no superiores a $4^{\circ}\text{C} \pm 2$ (Yildiz, 1994). Las frutas y vegetales mínimamente procesados son perecederos, degradándose luego de la poscosecha a temperatura ambiente (Schlimme, 1995).

Es sumamente importante trabajar en un ambiente de inocuidad ya que la manipulación humana durante el lavado, el secado o el envasado aumenta el riesgo a que ocurra una contaminación por un patógeno (Hurst, 1995). En el procesamiento mínimo, cada etapa es crítica ya que puede afectar la calidad y la microflora de la fruta o vegetal recién cortado (Allende et al., 2006).

3.3. Métodos de conservación

3.3.1. Atmósfera modificada

El proceso en que los vegetales mínimamente procesados son llevados a cabo promueven una aceleración en el deterioro fisiológico, cambios bioquímicos y degradación en los productos (O'Beirne y Francis, 2003). Factores que influyen en la proliferación de microorganismos causantes de deterioro y en la cinética de deterioro del producto son la temperatura y la atmósfera dentro del empaque (Rossaint et al., 2014). Las tecnologías de conservación, en especial refrigeración y atmósfera modificada, aseguran la calidad e inhibición del crecimiento microbiano. El propósito de usar materiales de empaques es retardar la pérdida de humedad y ayudar en mantener la calidad de las frutas y vegetales mínimamente procesados (Schlimme, 1995).

El empaque bajo atmósfera modificada se basa en modificar la composición de la atmósfera dentro del empaque al reducir la cantidad de oxígeno y reemplazarlo con dióxido de carbono y/o nitrógeno (Ramos et al., 2013), siendo el empaque al vacío la forma más simple. El oxígeno promueve reacciones de deterioro tales como la oxidación de lípidos, reacciones de ennegrecimiento y oxidación de pigmentos (Sandhya, 2009). Los empaques que son sellados bajo condiciones atmosféricas normales, sin adición de algún gas, es conocido como empaque de atmósfera modificada pasiva (Tripathi et al., 2011).

Las atmósferas modificadas con mayor concentración de CO₂ y menor de O₂ reducen la tasa respiratoria y minimiza el deterioro y los cambios fisiológicos en los tejidos vegetales (Kader, 1986). El incremento en la tasa respiratoria del tejido de la planta se debe a la estimulación que recibe en la presencia de altos niveles de etileno (Brecht, 1995). La producción de etileno puede ser inducida por temperaturas altas o por alguna herida en el tejido de la fruta o vegetal (Sasaki, 2005). La modificación de la composición de la atmósfera en la que se almacena el producto se hace generalmente para retardar la tasa de respiración, reducir el metabolismo de producto y la maduración (Kader et al., 1989), y para reducir las pérdidas de peso.

3.3.1.1. Producción de etileno

El etileno es una hormona vegetal que inicia la madurez de una fruta o vegetal (Sandhya, 2009) el cual cataliza el proceso de maduración (Ohlsson y Bengtsson, 2002). Los productos en donde se quiere inducir el proceso de maduración, como el guineo y el tomate, son expuestos a altas concentraciones de etileno (Ohlsson y Bengtsson, 2002). Las altas temperaturas y heridas en el tejido de la fruta o vegetal inducen la síntesis de etileno (Sasaki, 2005). La producción de etileno incrementa según la gravedad de las heridas (Brecht, 1995). El aumento en la tasa de respiración, que es un efecto de la exposición a etileno, conduce al ablandamiento del tejido en la

fruta y la aceleración de la senescencia (Ohlsson y Bengtsson, 2002). Las concentraciones altas de CO₂ y bajas de O₂ influyen en la reducción de la producción de etileno de las frutas y vegetales (Sasaki, 2005). La presencia de O₂ en bajos niveles inhibe la producción de etileno, retardando la maduración del producto (Sandhya, 2009).

3.3.2. Empaque

Para alargar la vida útil de un producto que ha sido mínimamente procesado, es importante controlar la atmósfera en donde se encuentra dicho producto (Gibe y Kim, 2013). La técnica de los empaques con atmósfera modificada consiste en mantener los productos de la respiración de la fruta o vegetal (O₂, CO₂ y C₂H₄) dentro de las láminas de polímeros, alterando la atmósfera con el propósito de reducir la tasa de respiración, la pérdida de humedad y aumentar el largo de vida útil del producto (Sandhya, 2009). Al momento de seleccionar un empaque con atmósfera modificada se debe tomar en consideración ciertas características tales como la actividad respiratoria del producto, temperatura de almacenamiento, permeabilidad de la lámina hacia los gases, grosor de la lámina y la cantidad del producto a empacar (Oliveira et al., 2012). Los empaques de plásticos o de láminas de polímeros son utilizados comúnmente para controlar la atmósfera de un producto y deben tener una permeabilidad selectiva para los gases (Oliveira et al., 2012). Estas láminas retardan la tasa de pérdida de humedad y muchas láminas son utilizadas con el propósito de minimizar el potencial de desarrollar condiciones anaerobias dentro de la atmósfera del empaque (Schlimme, 1995). Uno de los materiales comúnmente utilizado es el polietileno (Gibe y Kim, 2013), especialmente el LDPE (De Jesús et al., 2012). Otros materiales disponibles son el poliestireno expandido, policloruro de vinilo (PVC), polipropileno (PP) y polietileno tereftalato (PET) (Oliveira et al., 2012). Las láminas de polietilenos presentan diferentes grados de permeabilidad al vapor de agua y hacia los gases,

CO₂, O₂ y etileno (Batista et al., 2007). El LDPE tiene un costo bajo y tiene una alta permeabilidad al vapor de agua (Oliveira et al., 2012). Al utilizar el material de empaque correcto y una temperatura de almacenamiento adecuada, se podrá reducir la tasa de respiratoria e inhibir los microorganismos de deterioro, alargando la vida útil del producto (Gibe y Kim, 2013).

3.3.3. Temperatura

La calidad sensorial es un atributo importante para el consumidor, debido a esto las frutas y vegetales mínimamente procesados se mantienen a una temperatura apropiada inmediatamente después de la cosecha, a través de la distribución hasta el momento del consumo (Schlimme, 1995). El abuso de temperatura durante la transportación, el almacenamiento y en la comercialización del producto puede llevar al deterioro del producto debido al aumento en el metabolismo del producto y al crecimiento microbiano (Sandhya, 2009). Las reacciones metabólicas en frutas y vegetales son reducidas 2 a 3 veces por cada reducción de 10°C en temperatura (Brecht, 1995). La refrigeración entre las temperaturas 0°C y 3°C puede extender la vida útil de los vegetales mínimamente procesados de 5 a 18 días, ya que la degradación de la calidad es retardada por la temperatura baja que causa una reducción en la tasa respiratoria (Watada et al., 1990). La maduración y la producción de etileno de una fruta o vegetal incrementan al ser almacenadas a temperaturas altas (Sandhya, 2009). Sasaki y colaboradores (2005) recomiendan que la temperatura de almacenamiento de calabaza sea entre 1°C a 5°C. Habibunnisa y colaboradores (2001) informaron que la calabaza (*C. maxima*) mínimamente procesada podría ser almacenada por un período de 25 días a 5°C ± 2 en un empaque bajo condiciones de atmósfera modificada y que sufrirían una pérdida de peso fisiológico mínima (0.06%). La calidad de degradación es retardada a bajas temperaturas (Schlimme, 1995). En la

actualidad, se han reportado muy pocos estudios sobre calabazas mínimamente procesadas en la literatura.

3.4. Medidas física-químicas

Los atributos de calidad en los productos de alimentos son características medibles. El deterioro del color, olor y textura de un producto es debido a procesos bioquímicos además de un crecimiento excesivo de microorganismos (Giménez et al., 2003). Todos los productos requieren un análisis como parte de manejar la calidad durante el procesamiento del producto (Nielsen, 2010). El estado de madurez que poseen los productos de frutas o vegetales al ser cosechados es importante en la comercialización, ya que afecta directamente su calidad y la capacidad de conservar su frescura.

3.4.1. Físicos

La evaluación de las características físicas de los productos vegetales se utiliza para tener conocimiento del estado de madurez. Algunas características importantes son la forma, el tamaño, el color y las características de la superficie.

3.4.1.1 Firmeza

La determinación de la aceptabilidad de frutas y vegetales frescos constan de dos características fundamentales: apariencia y textura (Toivonen y Brummell, 2008). El ablandamiento de una fruta o vegetal es indicativo del estado de madurez avanzado del mismo. La firmeza es determinada mayormente por la anatomía del tejido como el tamaño, empaquetamiento y la forma de la célula como también la fuerza y el grosor de la pared celular. Generalmente, el tejido vegetal tienen una pared celular gruesa y usualmente son mucho más duros que en las frutas. El almacenamiento a bajas temperaturas, atmósfera modificada y la

acumulación de etileno son factores que pueden afectar la textura. La evaluación de la firmeza es determinada al perforar la superficie de la fruta o vegetal en cuestión para estimar el grado de madurez en la etapa de la cosecha o post cosecha (Singh y Reddy, 2006).

3.4.1.2. Color

El color es un atributo importante de calidad en las industrias de alimentos (Valadez-Blanco et al., 2007) e influye en la elección y las preferencias del consumidor (Abdullah et al., 2004). Los aspectos de color, según las notaciones de Munsell, son percibidas con valores como luminosidad (negro a blanco en una escala de 0 a 10), chroma (grado de cambio de gris a un color) y hue (rojo, anaranjado, amarillo, verde, etc.) (McGuire, 1992). El color de los alimentos depende de los cambios químicos, bioquímicos, físicos y microbianos que se producen durante el crecimiento, la maduración, la manipulación y el procesamiento poscosecha (Lee et al., 2013).

3.4.1.3. Medición de la tasa respiratoria

En la atmósfera normal, O_2 está a una concentración de 21% mientras que el CO_2 cerca de 0.03% (Sasaki, 2005). El propósito de utilizar un empaque o una atmósfera modificada es reducir las concentraciones de $\%O_2$ y aumentar el $\%CO_2$. Según Kader y colaboradores (1989), las condiciones atmosféricas en que el CO_2 se encuentre en concentraciones de 25% y el O_2 menor de 1% disminuyen significativamente la sobrevivencia de microorganismos patógenos. Las condiciones recomendadas para la preservación de las frutas y hortalizas mínimamente procesadas son concentraciones de 2 a 8% O_2 y de 5 a 15% para CO_2 (Sasaki et al., 2006).

3.4.2. pH

El control del pH es uno de los parámetros importantes en la elaboración de los productos alimentarios. Éste nos indica la calidad como el manejo durante los procesos de elaboración. El

efecto de pH se utiliza como un conservante de los alimentos ya que al disminuir el pH (menor de 4.00), aumenta el periodo de conservación al disminuir la flora microbiana menos tolerante al ácido. Un valor de pH entre 2.50 y 5.50 prolonga la vida útil de la fruta fresca e inhibe el crecimiento de microorganismos (Jay et al., 2005).

3.4.3. Acidez titulable

La acidez titulable (acidez libre) mide la acidez total contenido en un alimento. Éste se determina al neutralizar el ácido presente en un volumen o peso conocido del alimento utilizando una base estandarizada. El pH aumenta durante la neutralización y la acidez titulable se calcula a partir de la cantidad de base utilizada, la normalidad del titulante y el volumen o peso de la muestra (Nielsen, 2010). La acidez titulable representa los ácidos orgánicos que se encuentran libres. Los ácidos orgánicos presentes en los alimentos influyen en el sabor, color, la estabilidad microbiana y en mantener la calidad. Los ácidos que comúnmente se encuentran en alimentos son ácido cítrico (i.e., limón), málico (i.e., manzana), láctico (i.e., productos cárnicos) y tartárico (i.e., uva). La acidez titulable junto con el contenido de azúcar indica la madurez del producto.

3.4.4. °Brix

Representan el porcentaje de sólidos solubles presente en una fruta o vegetal. Los sólidos solubles presentes pueden ser azúcares y ácidos orgánicos. El contenido de sólidos solubles en las calabazas es importante como atributo de calidad debido a que se caracterizan por el alto contenido de azúcares (Gibe y Kim, 2013).

3.4.5. Análisis proximal

El análisis proximal radica en la determinación analítica de los componentes de humedad, ceniza, lípidos, proteína y carbohidratos presentes en los alimentos (Nielsen, 2010). Las técnicas

existentes para la determinación analítica de los factores que componen el análisis proximal son diferentes dependiendo del tipo de alimento analizado. Las regulaciones existentes acerca del uso de las técnicas de análisis proximal están reglamentadas por el gobierno. La organización AOAC es la encargada de proveer los estándares aceptados para tal fin.

3.4.5.1. Humedad

En la mayoría de alimentos naturales el contenido de agua puede llegar hasta el 70% de su peso o más, a menos que esté deshidratada. En frutas y vegetales el contenido de agua puede ser mayor 95% (Vaclavik y Christian, 2008). El contenido de humedad tiene un efecto significativo con la calidad de los alimentos y también puede afectar la vida útil de los mismos (Nielsen, 2010). Los procesos de congelación, deshidratación y la concentración de alimentos le dan una vida útil más larga evitando el crecimiento de microorganismos bacterianos. La presencia de agua puede afectar la textura del alimento y puede aglomerar alimentos pulverulentos. La reducción de humedad facilita el envío de los productos y también es utilizado como factor de calidad en jaleas y siropes. Los métodos que se utilizan para la determinación de humedad son método de secado, destilación y Karl Fischer.

3.4.5.2. Determinación de grasas

El contenido de grasa se cuantifica como una fracción de alimento soluble en solventes lípidos. Los lípidos son un grupo de sustancias que son solubles en éter, cloroformo y otros solventes orgánicos pero insolubles en agua. Existen tres clasificaciones de los lípidos en los alimentos: lípidos simples, compuestos y derivados. Los lípidos simples son ésteres de ácido grasos con alcohol, las grasas y las ceras pertenecen a este grupo. Los alimentos tienen diferentes tipos de lípidos pero el que tiene mayor importancia son los triacilgliceroles y los fosfolípidos. Los triacilgliceroles son solubles en hexano y éter de petróleo. La estabilidad de los lípidos no

solamente impacta a la vida útil del alimento, pero también la seguridad ya que algunos productos de la oxidación tienen propiedades tóxicas (Nielsen, 2010). Algunos métodos utilizados para el análisis de grasas son los métodos de extracción como el Goldfish, Soxhlet, Mojonnier, y la determinación de grasa total por GC.

3.4.5.3. Determinación de fibra cruda

Según el AACC Internacional (American Association of Cereal Chemists) se define la fibra dietaria como las partes de plantas o carbohidratos análogos que son resistentes a la digestión y a la absorción en el intestino delgado del humano que luego son parcialmente fermentados en el intestino grueso (Nielsen, 2010). La fibra dietaria incluye polisacáridos, oligosacáridos, lignina y sustancias que están asociadas a plantas. La mayoría de la fibra dietaria proviene de la pared celular de las plantas que están compuestas de polisacáridos. El consumo adecuado de fibra dietaria ayuda en prevenir el cáncer de colon y en mantener los lípidos en la sangre en un rango normal, reduciendo el riesgo de obesidad, hipertensión y enfermedades cardiovasculares. La gravimetría es el método común para analizar la fibra dietaria.

3.4.5.4. Determinación de proteínas

El análisis de proteína mide el nitrógeno orgánico total en los alimentos, los cuales representa el nitrógeno primario de las proteínas y las sustancias orgánicas no proteicas que contienen nitrógeno (Nielsen, 2010). Existen varios métodos para la determinación de proteínas y estas son el método de Lowry, Kjeldahl y el método Biuret.

El método de Kjeldahl es un método para determinar cuantitativamente nitrógeno en sustancias químicas. Este método consiste en el calentamiento de una sustancia con ácido sulfúrico en presencia de un catalizador de cobre, el cual descompone sustancias orgánicas por

oxidación liberando nitrógeno reducido como sulfato de amonio. Las digestiones neutralizadas con alcalino son destiladas en solución de ácido bórico. Los aniones de borato formados son titulados con ácido estandarizado, el cual se convierte en nitrógeno (Nielsen, 2010). Este método no nos da una medida del verdadero contenido proteico ya que mide nitrógeno no proteico y nitrógeno proteico. Se utiliza un factor de conversión para convertir el porcentaje de nitrógeno en porcentaje de proteína cruda.

3.4.5.5. Cenizas

Las cenizas de un alimento se definen como el residuo inorgánico que queda luego de calcinar u oxidar por completo la materia orgánica. El contenido de cenizas representa el contenido total de minerales en el alimento. Existen dos formas para determinar cenizas, ceniza seca (el cual se utiliza una mufla con el fin de vaporar agua y volátiles y quemar las sustancias orgánicas en presencia de oxígeno a CO_2) y ceniza húmeda, que es producida al oxidar sustancias orgánicas al utilizar ácidos y/o agentes oxidantes (Nielsen, 2010).

3.4.5.6. Carbohidratos

Los carbohidratos son importantes en los alimentos porque son fuentes de energía. Los carbohidratos son parte crucial en las propiedades de textura del alimento y como fibra dietética ayuda en los procesos fisiológicos. Algunos de los atributos en que los carbohidratos contribuyen a los alimentos son la viscosidad, estabilidad de emulsión, capacidad de retener agua, sabor y aromas (Nielsen, 2010). Los polisacáridos que no son digeribles forman parte de la fibra dietaria el cual regula el flujo intestinal y reduce los niveles de colesterol en la sangre. Los carbohidratos pueden ser usados como endulzantes, estabilizadores, agentes gelatinosos y reemplazos de compuestos grasos. Los métodos que se utilizan para analizar los carbohidratos son

cromatografía líquida de alta eficacia (HPLC), cromatografía de gas (GC), métodos enzimáticos, espectrometría de masa (MC) y determinación de carbohidratos totales por diferencia.

3.4.6. Microbiología

Las frutas y vegetales que son procesados pueden estar contaminadas con microorganismos de deterioro como mohos, levaduras y bacterias (Schlimme, 1995). La presencia y la cantidad de microorganismos en un producto dependerá de los factores extrínsecos e intrínsecos tales como el manejo durante el procesamiento, la composición del alimento, temperatura en que se almacena, agua disponible y pH (Sasaki, 2005). Las frutas y vegetales son ricos en carbohidratos, pobres en proteínas, tiene un pH neutral y una actividad de agua alta; haciéndolos vulnerables para la proliferación microbiana (Ramos et al., 2013). Los parámetros propios del origen del alimento, planta o animal, se le conoce como factores intrínsecos.

3.4.6.1. Factores intrínsecos

3.4.6.1.1. pH

Los microorganismos tienen una buena proliferación en un pH neutral, aproximadamente entre 6.60-7.50. Los mohos y levaduras tienen la capacidad de crecer en pH menores de 3.50, causando mayormente el deterioro en frutas. La mayoría de los vegetales tienen un pH mayor que las frutas, siendo sujetos a deterioro mayormente por bacterias saprofitas Gram negativas que por mohos (Jay et al., 2005). Las bacterias patogénicas como *Escherichia coli* y *Salmonella* spp. también pueden encontrarse en los vegetales (Oliveira et al., 2011), ya que pueden crecer a valores de pH entre 3.60-9.50.

3.4.6.1.2. Actividad de agua (a_w)

La actividad de agua se define en alimento como el agua disponible para las reacciones químicas y metabólicas de los microorganismos y se basa en la relación que existe en la presión de vapor de agua en el alimento y la presión de vapor del agua pura a una temperatura constante. Las bacterias requieren valores más altos de a_w para proliferar que los mohos, siendo las bacterias Gram negativas las que requieren de mayor a_w en comparación a las bacterias Gram positivas. Las bacterias de deterioro no crecen por debajo de $a_w = 0.91$, mientras que los mohos tienen la capacidad de crecer en un ambiente con a_w hasta de 0.80 (Jay et al., 2005). Las bacterias patogénicas como *Staphylococcus aureus* puede crecer a valores de a_w de 0.86, mientras que *Clostridium botulinum* no puede crecer a un valor de a_w menor de 0.94. La reducción de los valores de la actividad de agua reduce la tasa de crecimiento de microorganismo, ya que las actividades metabólicas se verán afectadas debido a la reducción del ambiente acuoso.

3.4.6.1.3. Potencial de oxidación-reducción

El potencial de oxidación-reducción de un sustrato se define como la facilidad con que un sustrato gana o pierde electrones (Jay et al., 2005). Cuando hay una oxidación alta en una sustancia, el potencial eléctrico será positivo (Eh +). La presencia de oxígeno puede llevar a cabo la oxidación. Si hay una reducción alta en la sustancia, el potencial eléctrico será negativo (Eh-). Los microorganismos aeróbicos como *Bacillus* spp requieren Eh+ para el crecimiento, mientras los anaerobios como *Clostridium* spp. requieren Eh-. Las bacterias aeróbicas que proliferan en ambientes reducidos se conocen como microaerófilicos y ejemplos de ellas son lactobacilos y campylobacter. La presencia o ausencia de agentes oxidantes y reductores en un ambiente afectará el crecimiento y la actividad de los microorganismos.

3.4.6.1.4. Contenido de nutrientes

Los microorganismos utilizan nutrientes presente en alimento tales como el azúcar, alcoholes, amino ácidos y carbohidratos complejos como almidón y celulosa, como fuentes de energía (Jay et al., 2005). La disponibilidad de los nutrientes facilitará el crecimiento microbiano causando mayor deterioro al producto y afectando el largo de vida útil del mismo.

3.4.6.2. Factores extrínsecos

3.4.6.2.1. Temperatura de almacenamiento

La temperatura de almacenamiento es uno de los parámetros más importantes que afecta el deterioro de los alimentos perecederos. Hay que considerar el rango de temperatura del organismo de interés para así seleccionar la temperatura adecuada de almacenaje para diferente tipos de alimentos (Jay et al., 2005), ya que la calidad puede verse afectada. Bacterias del género *Pseudomonas* y *Enterococcus* y mohos del género *Aspergillus*, *Cladosporium* y *Thamnidium*, crecen bien a temperaturas de refrigeración entre 5-7°C.

La contaminación del producto con patógenos humanos puede ocurrir en cualquier punto durante la producción, cosecha, empaque, procesamiento y distribución (Saper, 2001). Durante los procesos en que los vegetales mínimamente procesados son llevados a cabos, los microorganismos de deterioro presentes en la cáscara son transferidos a la pulpa en donde pueden proliferar debido a la presencia de nutrientes (Corbo et al., 2004). También puede ocurrir una contaminación cruzada durante el corte y la operación de trituración debido a la sanitación inadecuada (Oms-Oliu et al., 2010).

La microflora de las frutas y vegetales está compuesta mayormente de bacterias y mohos como *Pseudomonas* spp., *Erwinia herbicola*, *Flavobacterium*, *Xanthomonas*, *Enterobacter agglomerans*, *Alternaria*, *Penicillium*, *Fusarium* y *Aspergillus*. También se puede encontrar

bacterias ácidas lácticas como *Leuconostoc mesenteroides* y *Lactobacillus* (Ramos et al., 2013). La presencia de esta microflora usualmente no es patógena para el ser humano. Sin embargo, durante el procesamiento puede contaminarse con microorganismo patógeno o no patógeno que causan deterioro, tales como *Clostridium botulinum* y *Listeria monocytogenes*, que son dañinas al consumidor (Schlimme, 1995). Otros patógenos como *Staphylococcus aureus* y *Streptococcus* spp. son introducidas al producto por la contaminación humana durante el proceso (Sasaki, 2005; Schlimme, 1996). La presencia de coliformes indica una sanitización o manipulación inadecuada durante el procesamiento de la materia prima (Sasaki et al., 2006).

Muchas de las procesadoras y consumidores asumen que el lavado y la sanitización de frutas y vegetales reducen la carga microbiana presente (Saper, 2001), pero originalmente se desarrollaron para eliminar la tierra que contenían debido a la producción. Para desarrollar nuevas técnicas de lavado y de sanitización, se debe tomar en cuenta la práctica comercial, el costo del tratamiento, efectos adversos del tratamiento y la aceptabilidad del consumidor (Saper, 2001). La desinfección o descontaminación es un paso crítico para garantizar la seguridad y el largo de vida útil de los vegetales listo para consumo (Ongeng et al., 2006).

Un sinnúmero de agentes sanitizantes se han desarrollado para mejorar la calidad de las frutas y vegetales. Se utilizan métodos químicos como agentes antimicrobiano, por ejemplo el cloro, con el propósito de reducir/eliminar la contaminación microbiana (Cliffe-Bymes y O'Beirne, 2005) evitando enfermedades por patógenos. Pero la formación de biopelículas en el tejido de la planta puede habilitar patógenos, reduciendo así la eficacia de los sanitizantes (Critzler y Doyle, 2010). Las bacterias tienden ser más resistentes al formar biopelículas, haciéndolos difícil de desactivarlos al aplicar el tratamiento del lavado (Saper, 2001), aumentando así la probabilidad de que el producto sea un vehículo de transmisión de patógeno

ya sea bacteriano, parasítico o viral al consumidor (Ramos et al., 2013). En numerosas frutas y vegetales, tales como las manzanas, peras, cerezas, uvas, calabacín, papas, zanahorias y lechugas se hacen cortes o escisiones en la superficie que crean un lugar adecuado para que la bacteria se adhiera (Saper, 2001). Los métodos físicos como el empaque de atmósfera modificada, empaque inteligente, empaque con nanocompuestos e irradiación tienen el propósito de reducir la carga microbiana del producto (Ramos et al., 2013).

Las buenas prácticas agrícolas y buenas prácticas de manufactura puede evitar la contaminación microbiana de las frutas y vegetales evitando así la dependencia en tecnologías de descontaminación (Saper, 2001).

4. MATERIALES Y MÉTODOS

Las calabazas fueron cultivadas en la Subestación de Lajas (Taína Dorada) e Isabela (Soler) (Figura 1) de la Universidad de Puerto Rico. Las calabazas fueron seleccionadas por tamaño (no muy pequeño), color de la cáscara pintada (indicación de estar madura), forma (forma típica de la variedad en particular) y ausencia de heridas. Después de seleccionadas fueron llevadas al laboratorio de procesamiento de alimentos del Programa de Ciencia y Tecnología de Alimentos del Recinto de Mayagüez.

4.1. Experimento 1 (Taína Dorada)

4.1.1. Diseño Experimental

El experimento se realizó en un diseño de bloques completos aleatorizados (DBCA) con siete repeticiones (corridas) y cinco tratamientos: un control (día 0) y cuatro combinaciones de dos tipos de sellados de empaques (al vacío y sin vacío) monitoreando en los días 15 y 20.

4.1.2. Procesamiento mínimo

Se realizaron pruebas preliminares en calabazas mínimamente procesadas con y sin la adición de la solución antimicrobial (0.2% ácido cítrico y 0.1% benzoato de sodio) (Habibunnisa et. al., 2001). Estas pruebas determinaron que el uso de esta solución disminuye el conteo microbiológico a niveles aceptables, por lo tanto, se decidió establecer el uso de la solución antimicrobial para dicho propósito.

La primera corrida fue realizada en agosto del 2012, utilizando una fruta madura de la variedad Taína Dorada. Las calabazas fueron lavadas con agua potable y jabón, desinfectada con una solución de hipoclorito de sodio a 200ppm por un periodo de 3 minutos y posteriormente enjuagadas nuevamente con agua potable. El procesamiento consistió en: corte en rodajas y

retirada de la placenta y semillas de la calabaza, pelado y corte en cubos de aproximadamente de 2 cm³. Los cubos fueron sumergidos en una solución antimicrobial (0.2% ácido cítrico y 0.1% benzoato de sodio) para prolongar el largo de vida útil por aproximadamente 3 minutos. Luego fueron centrifugados en una hilandera de ensaladas y secados con papel toalla desechable para remover el exceso de agua. 150 gramos de muestras (cubos) fueron colocados en 5 empaques de LDPE.

Un empaque no fue sellado y fue utilizado como control (día 0). Dos fueron sellados al vacío (Figura 2A) y los otros dos sin vacío (Figura 2B). Los tratamientos sellados al vacío y sin vacío fueron almacenados durante 15 y 20 días respectivamente, en nevera a 4°C. Se repitió el procedimiento en seis corridas adicionales durante los meses de agosto a diciembre 2012. La figura 3 muestra el diagrama de flujo del proceso.

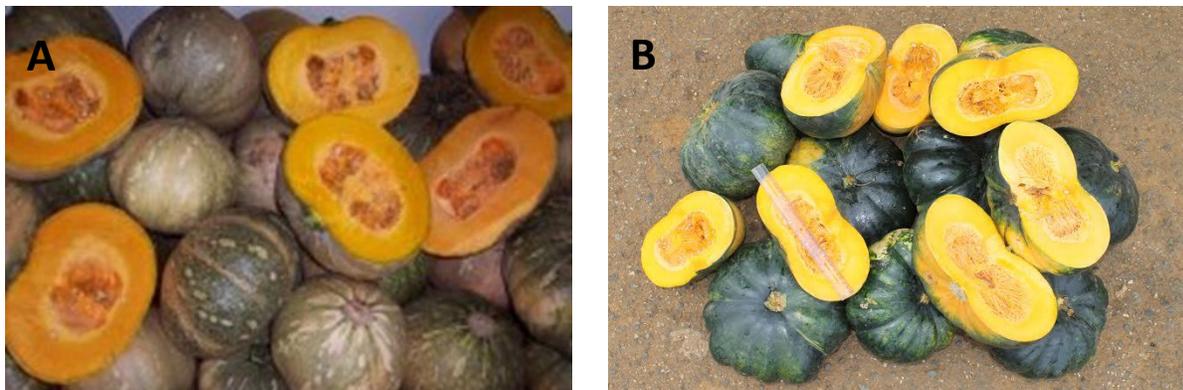


Figura 1. Calabazas utilizadas para el procesamiento mínimo: A. Taína Dorada y B. Soler



Figura 2. Tipos de sellados de pedazos de calabazas mínimamente procesados: A. Al vacío y B. sin vacío.

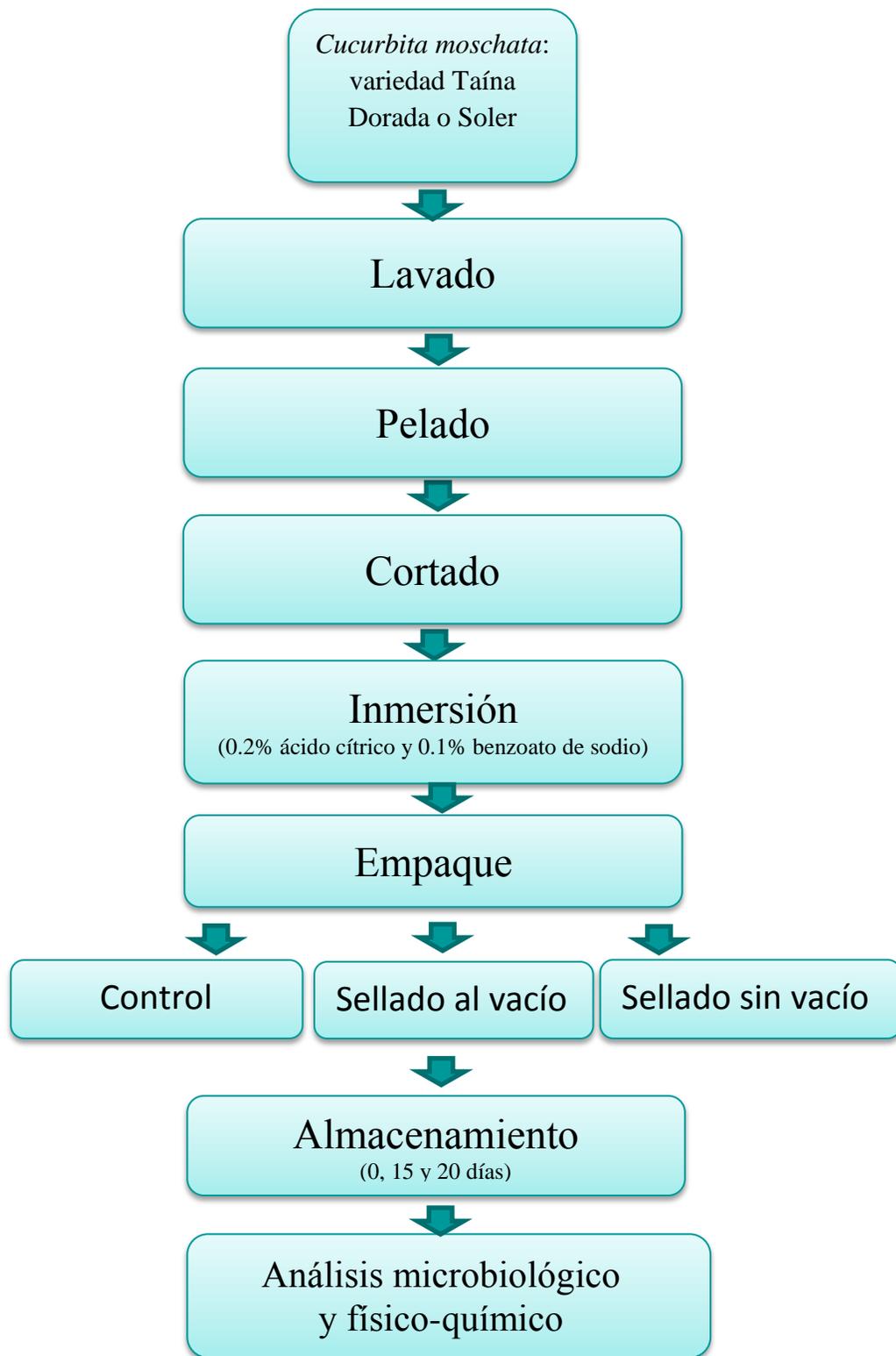


Figura 3. Diagrama de flujo para el procesamiento mínimo de la calabaza

4.1.3. Medidas físico-químicas y microbiológicas

En cada corrida, se tomaron datos a los 0 días de almacenamiento utilizando los trozos de la bolsa del tratamiento control, y a los 15 y 20 días sobre los trozos de calabazas en ambos tipos de bolsas selladas. A estas muestras se le tomaron medidas físico-químicas (pH, color, firmeza, sólidos solubles y porcentaje de acidez) y análisis microbiológicos.

4.1.3.1. Medidas de pH

El pH se determinó con un potenciómetro digital Docu-pH Meter (Sartorius Corporation, Bohemia, New York) por inmersión directa del electrodo previamente calibrado con soluciones amortiguadoras de pH 4.00, 7.00 y 10.00. Los valores de pH fueron obtenidos del sobrenadante de pedazos de calabazas que fueron trituradas en un molidor de granos de café Cuisinart Modelo DCG-20N (Cuisinart Inc., East Windsor, Nueva Jersey) y luego centrifugados (Damon/IEC Modelo HN-SII Thermo IEC, Needham Heights, Massachusetts).

4.1.3.2. Medidas de color

La determinación de color fue realizada utilizando el colorímetro ColorFlex EZ (Hunter Associates Laboratory, Inc., Reston, Virginia) calibrado con platos de porcelana blanco y negro. Se tomaron 5 muestras de cada embalaje sellados al vacío o sin vacío y el color reflejado fue descrito a partir de los parámetros L^* , a^* , b^* , utilizando el iluminante D65. El parámetro L^* representa la luminosidad con valores que van desde 0 para negro hasta 100 para blanco. El parámetro a^* representa la variación entre rojo y verde (+ a^* =rojo, - a^* =verde). El parámetro b^* representa la variación entre el amarillo y el azul (+ b^* =amarillo, - b^* =azul) (Gajewski et al., 2008). Los parámetros a^* y b^* fueron utilizados para calcular el chroma (saturación) y el ángulo hue utilizando las siguientes fórmulas (McGuire, 1992):

$$\text{chroma}=\sqrt{a^2 + b^2}$$

$$\text{hue}=\tan^{-1}(a/b)$$

4.1.3.3. Firmeza

La determinación de firmeza de los trozos de calabazas fue realizada utilizando el texturómetro Texture Analyzer Modelo TA-XT2 (Stable Micro Systems Ltd., Godalming, Surrey, England) de puntal cónico de acero inoxidable de 2mm, midiendo la fuerza necesaria para poder penetrar la calabaza en Newtons (N).

4.1.3.4. Sólidos solubles totales

La determinación de los sólidos solubles totales (°Brix) fue realizada utilizando un refractómetro manual (Thermo Fisher Scientific Inc., Waltham, Massachusetts). Los valores de los sólidos solubles fueron obtenidos del sobrenadante de pedazos de calabazas que fueron trituradas en un molidor de granos de café Cuisinart Modelo DCG-20N (Cuisinart Inc., East Windsor, Nueva Jersey) y luego centrifugados (Damon/IEC Modelo HN-SII Thermo IEC, Needham Heights, Massachusetts). Una gota del sobrenadante se colocó en el instrumento y la lectura registrada.

4.1.3.5. Acidez titulable

La acidez titulable fue realizada con solución de NaOH 0.10 N y como indicador fenolftaleína según la metodología del AOAC 942.15 (2005). Los resultados se expresaron en porcentaje de ácido cítrico.

4.1.3.6. Análisis microbiológico

El análisis microbiológico se realizó en duplicado para aerobios, coliformes/*Escherichia coli*, bacterias ácido lácticas, *Staphylococcus aureus*, hongos y levaduras. Estos procedimientos se llevaron a cabo según los procedimientos establecidos por el *Bacteriological Analytical Manual* (BAM, por sus siglas en inglés) (Food and Drug Administration Services, 2001). Se tomaron 25g de muestra de cada tratamiento y se homogenizaron con 225mL de agua peptonada 0.1% en el Laboratory Blender Stomacher 400 (Seward Laboratory Systems Inc., Davie, Florida) por un periodo de 2 minutos. Se realizaron diluciones seriadas 10^{-1} hasta 10^{-6} . Los recuentos se reportaron como log unidades formadoras de colonias/gramo (log UFC/g) de muestra.

Recuento de aerobios totales

La determinación de bacterias aerobias se determinó de acuerdo método oficial descrito por la AOAC 990.12 (2000a). Para la determinación de las bacterias aerobias se utilizó placas *3MTM PetrifilmTM* (3M Inc., St. Paul, Minnesota). Las placas se incubaron a $35^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ por 48hrs.

Recuento de *Escherichia coli* y coliformes

La determinación de *Escherichia coli* y coliformes se realizó de acuerdo al método oficial descrito por la AOAC 991.14 ó 998.08 (1994). Para la determinación de *Escherichia coli* y coliformes se utilizó placas *3MTM PetrifilmTM* (3M Inc., St. Paul, Minnesota). Las placas se incubaron a $35^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$. A las 24 hrs se determinaron los coliformes y a las 48 hrs *Escherichia coli*.

Recuento de *Staphylococcus aureus*

La determinación de *Staphylococcus aureus* se determinó de acuerdo al método oficial descrito por la AOAC 975.55 (2000b). En la determinación de *Staphylococcus aureus* se utilizó placas 3MTM PetrifilmTM (3M Inc., St. Paul, Minnesota). Las placas se incubaron a 35°C ± 1°C por 24 hrs.

Recuento de bacterias ácido lácticas

La determinación de bacterias ácido lácticas se utilizó el medio de cultivo *Lactobacilli MRS Agar de Difco*TM (Becton, Dickinson and Company, Franklin Lakes, New Jersey). Los platos se incubaron a 35°C ± 1°C por 48 hrs y a 5°C ± 1°C por 10 días en una cámara anaerobia.

Recuento de hongos y levaduras

La determinación de levaduras y mohos se determinó de acuerdo al método oficial descrito por la AOAC 997.02 (2000c). En la determinación del recuento de hongos y levaduras se utilizó placas 3MTM PetrifilmTM (3M Inc., St. Paul, Minnesota). Las placas se incubaron a 25°C ± 1°C por 5 días.

4.1.4. Monitoreo de la concentración de O₂ y CO₂ dentro de los empaques

Se prepararon empaques sin vacío como descrito anteriormente. Se midieron los porcentajes de los gases O₂ y CO₂ en el interior de los empaques sin vacío después de 24, 48 y 72 horas, utilizando el analizador de gas Servomex MiniFoodPack (5200) (Servomex Company Inc., Brighton, East Sussex, United Kingdom). Se perforó el empaque con una aguja, el cual succionaba el aire dentro del empaque por 9 segundos. Se registró el proceso en siete corridas en total (DBCA con siete repeticiones).

4.1.5. Análisis proximal

Usando otra fruta de Taína Dorada, se determinó la composición de la materia prima de acuerdo a los métodos oficiales descritos por AOAC (1990) (Association of Official Analytical Chemists) se realizaron los siguientes análisis: humedad AOAC 966.02, ceniza AOAC 923.03, proteína método de Kjeldahl AOAC 991.20 (factor de conversión=6.25). Grasa cruda Am5-04 y fibra cruda Ba 6-05 fueron determinadas según los métodos oficiales descritos por AOCS (2005) (American Oil Chemist's Society). Carbohidratos totales se determinó por diferencia.

4.1.6. Análisis estadístico

Se analizaron los datos con análisis de varianza (ANOVA) utilizando *Infostat* versión 2012e (Di Rienzo et. al., 2013). Se utilizaron contrastes ortogonales ($\alpha=0.05$) para (1) comparar control versus sin y con vacío en 15 y 20 días de almacenamiento, (2) empaque sin versus con vacío y (3) 15 versus 20 días de almacenamiento y para determinar si hubo una interacción entre tipo de empaque y días de almacenamiento. Se utilizó la prueba Tukey ($\alpha=0.05$) para comparar medias de porcentaje de O₂ y CO₂.

4.2. Experimento 2, variedad Soler

Se repitió el mismo procedimiento de experimento 1 (donde se usó la variedad Taína Dorada) durante los meses de enero a mayo de 2013 con la fruta de la variedad Soler.

4.3. Experimento 3, estudio sensorial

Se realizó un análisis exploratorio para determinar la aceptación de la calabaza Taína Dorada y Soler, mínimamente procesada y empacadas al vacío y sin vacío y almacenada por 20 días. Las muestras consistieron en trozos de calabazas de cada tratamiento (control, al vacío y sin vacío) de la variedad Taína Dorada y Soler, cocidas al vapor en una olla de tamaño mediano

con 120ml de agua y 1g de sal durante 10 minutos. La evaluación fue realizada por un panel de 30 jueces no entrenados, conformadas por estudiantes y empleados del Programa de Ciencia y Tecnología de Alimento del Recinto Universitario de Mayagüez, los cuales son consumidores frecuentes de calabaza. Se clasificó mediante la escala hedónica de 7 puntos (1=me disgusta extremadamente, 4=ni me gusta ni me disgusta, 7=me gusta extremadamente) (Meilgaard et al., 2007). El método sensorial fue una prueba de aceptación general.

5. RESULTADOS

5.1. Experimento 1 (variedad Taína Dorada)

5.1.1. Análisis físico-químico

5.1.1.1. pH

Al comenzar el experimento de almacenamiento (control), los pedazos de calabazas tuvieron un pH de 6.70 (Tabla 2). En el día 15, el promedio del pH de los empaques fue 6.99 y seguido por un pH de 7.01 en el día 20. Hubo diferencia entre el pH de pedazos del control vs pedazos tratados, pero no entre los promedios de pH en calabaza de los dos tipos de sellados (al vacío 6.98 y sin vacío 7.02) ni entre 15 y 20 días de almacenamiento.

5.1.1.2. °Brix y porcentaje de acidez

°Brix y porcentaje de acidez en los pedazos de calabaza no fueron afectados por el tipo de sellado ni por el tiempo de almacenamiento (Tabla 2). Se obtuvo una media en el día 0 (control) de 7.24 °Brix. El tipo de sellados al vacío se obtuvo medias de 7.14 y 7.04 °Brix y sin vacío de 7.22 y 7.15 °Brix en los días 15 y 20, respectivamente. El porcentaje de acidez se mantuvo a 0.04% durante los 20 días de almacenamiento en ambos tipos de sellados.

5.1.1.3. Firmeza

Al comienzo del periodo de almacenamiento la firmeza de los pedazos de calabaza fue de 8.06 N (Tabla 2). No se observó cambio consistente en la firmeza a lo largo del periodo de almacenamiento. La firmeza fue significativamente mayor en la calabaza sin vacío (7.74 N) que al vacío (7.51 N).

Tabla 2. Valores de pH, Brix, porcentaje de acidez y firmeza de calabaza Taína Dorada mínimamente procesada, empacada al vacío y sin vacío y almacenada por 15 y 20 días a 4°C ± 2.

Tratamientos (Tipo de empaque, días almacenados)	pH	°Brix	% Acidez	Firmeza (N)
Control , día 0	6.70	7.24	0.04	8.06
Al vacío, día 15	6.99	7.14	0.04	8.06
Sin vacío, día 15	6.99	7.22	0.04	8.30
Al vacío, día 20	6.96	7.04	0.04	6.96
Sin vacío, día 20	7.05	7.15	0.04	7.17
Prueba F	ns	ns	ns	ns
CV (%)	2.06	4.08	25.70	9.64
DE	0.14	0.30	0.01	0.74
<i>Contrastes ortogonales</i>				
Control vs. tratados	*	ns	ns	ns
Al vacío vs. sin vacío	ns	ns	ns	*
15 vs. 20 días	ns	ns	ns	ns
Interacciones tipo de empaque por día almacenado	ns	ns	ns	ns

Promedio de medias de 7 corridas. *= significativo y ns= no significativo, respectivamente, al nivel de P<0.05.

5.1.1.4. Color

La variación entre las medias de los parámetros de color (L*), hue y chroma entre los diferentes tratamientos fue mínima (Tabla 3). Hue y chroma no variaron. Calabazas selladas al vacío tuvieron un valor de L* (64.79) significativamente menor que las selladas sin vacío (65.78).

Tabla 3. Valores de L, hue y chroma de calabaza Taína Dorada mínimamente procesada, empacada al vacío y sin vacío, y almacenada por 15 y 20 días a 4°C ± 2.

Tratamientos (Tipo de empaque, días almacenados)	L*	hue	chroma
Control, día 0	65.73	64.84	79.15
Al vacío, día 15	65.29	64.90	81.98
Sin vacío, día 15	65.79	64.32	80.20
Al vacío, día 20	64.28	64.68	80.56
Sin vacío, día 20	65.77	64.84	78.28
Prueba F	ns	ns	ns
CV (%)	1.90	1.36	3.85
DE	1.24	0.88	3.08
<i>Contrastes ortogonales</i>			
Control vs. tratados	ns	ns	ns
Al vacío vs. sin vacío	*	ns	ns
15 vs. 20 días	ns	ns	ns
Interacciones tipo de empaque por día almacenado	ns	ns	ns

Promedio de medias de 7 corridas. *= significativo y ns= no significativo, respectivamente, al nivel de P<0.05.

5.1.1.5. Análisis microbiológico

Los empaques sellados al vacío y sin vacío presentaron valores <10 log UFC/g de *Escherichia coli*, coliformes, *Staphylococcus aureus* y *Lactobacillus* spp. (Tabla 4). Se observó 3.15 log UFC/g de bacterias aeróbicas en día 0. A los 15 días, tanto en empaques al vacío como sin vacío, el recuento tuvo un aumento a 3.71 log UFC/g al vacío y 4.37 log UFC/g sin vacío. La diferencia entre las medias de los días 15 (4.04 log UFC/g) y 20 (4.27 log UFC/g) no fue significativo. No hubo diferencia entre sellados al vacío (3.90 log UFC/g) y sin vacío (4.41 log UFC/g), pero sí entre el control vs tratados (4.15 log UFC/g).

En las medias de hongos y levaduras, no hubo diferencias entre las medias de los días 15 (2.32 log UFC/g) y 20 (2.40 log UFC/g), entre los tipos de sellados de empaques (al vacío 2.31 log UFC/g y sin vacío 2.37 log UFC/g) ni entre el control 2.25 log UFC/g y tratados (2.34 log UFC/g).

Tabla 4. Perfil microbiano de calabaza Taína Dorada mínimamente procesada, empacada al vacío y sin vacío, y almacenada por 15 y 20 días.

Tratamientos (Tipo de empaque, días almacenados)	<i>E. coli</i> /coliforms (log UFC/g)	<i>S. aureus</i> (log UFC/g)	<i>Lactobacillus</i> spp. (log UFC/g)	Recuento aerobio (log UFC/g)	Hongos y levaduras (log UFC/g)
Control, día 0	<10	<10	<10	3.15	2.25
Al vacío, día 15	<10	<10	<10	3.71	2.33
Sin vacío, día 15	<10	<10	<10	4.37	2.30
Al vacío, día 20	<10	<10	<10	4.09	2.32
Sin vacío, día 20	<10	<10	<10	4.44	2.41
Prueba F	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	n/a	n/a	n/a	21.45	7.78
DE	n/a	n/a	n/a	0.85	0.17
<i>Contrastes ortogonales</i>					
Control vs. tratados	ns	ns	ns	*	ns
Al vacío vs. sin vacío	ns	ns	ns	ns	ns
15 vs. 20 días	ns	ns	ns	ns	ns
Interacciones tipo de empaque por día almacenado	ns	ns	ns	ns	ns

No se encontraron *E. coli*/coliformes, *Staphylococcus aureus* ni *Lactobacillus* spp. en las muestras, por lo tanto, CV y DE no aplica (n/a). *= significativo y ns= no significativo, respectivamente, al nivel de $P < 0.05$.

5.1.1.6. Monitoreo de la concentración de O₂ y CO₂ dentro de los empaques

El porcentaje de CO₂ y O₂ en la atmósfera dentro del empaque sellado sin vacío fue medido durante 72 horas luego del procesamiento. El porcentaje de O₂ generalmente disminuyó

de 24 a 72 horas luego de ser sellado (Tabla 5), aunque el cambio de 48 a 72 horas no fue significativamente diferente. El porcentaje de CO₂ aumentó constantemente de 24 a 72 horas.

Tabla 5. Porcentaje de CO₂ y O₂ en empaque sellado sin vacío de Taína Dorada mínimamente procesada durante 72 horas.

Horas	Gases	
	%O ₂	%CO ₂
24	12.44 ^a	3.61 ^c
48	6.49 ^a	6.09 ^{cd}
72	3.54 ^b	10.06 ^d
DMS	6.02	4.18
CV (%)	69.78	32.77

Promedio de medias de 7 corridas (derivado de análisis de varianza). En la misma columna, letras iguales indica que no hay una diferencia significativa entre las medias ($P < 0.05$, Prueba de Tukey). DMS= Diferencia mínima de Tukey al nivel de probabilidad de $P=0.05$.

5.1.1.7. Análisis proximal

La humedad, fibra, proteína, cenizas y carbohidratos de la calabaza no fueron afectados por el tiempo de almacenamiento (Tabla 6).

Tabla 6. Composición química de calabaza Taína Dorada mínimamente procesada en el día 0 y a los 20 días de almacenamiento

Análisis proximal	Promedio		
	Control, día 0	Al vacío, día 20	Sin vacío, día 20
Humedad (%)	93.01	-	-
Proteína (%)	1.21±0.25	1.41±0.13	1.42±0.19
Grasa (%)	0.10±0.05	0.08±0.01	0.09±0.01
Ceniza (%)	0.52±0.12	0.61±0.03	0.66±0.01
Fibra (%)	0.72±0.10	0.67±0.02	0.71±0.06
Carbohidratos totales (%)	4.44	4.23	4.11

Media de 3 determinaciones ± la desviación estándar.

5.2 Experimento 2 (variedad Soler)

5.2.1 Análisis físico-químico

5.2.1.1. pH

La media de pH en pedazos de calabaza en el día 0 (control) fue de 6.82 (Tabla 7). No hubo diferencia significativa entre el promedio de las medias del día 15 (7.06) y día 20 (7.09) ni entre tipos de sellados (al vacío 7.03 y sin vacío 7.12) pero hubo una diferencia significativa entre calabaza en el empaque control (6.82) y empaques tratados (7.08).

Tabla 7. Valores de pH, °Brix, porcentaje de acidez y firmeza de calabaza Soler mínimamente procesada, empacadas al vacío y sin vacío, y almacenada a 15 y 20 días a $4^{\circ}\text{C} \pm 2$.

Tratamientos (Tipo de empaque , días almacenados)	pH	°Brix	% Acidez	Firmeza (N)
Control , día 0	6.82	9.37	0.03	10.40
Al vacío, día 15	7.02	9.32	0.02	10.61
Sin vacío, día 15	7.09	9.49	0.02	10.54
Al vacío, día 20	7.04	9.25	0.02	10.14
Sin vacío, día 20	7.14	9.51	0.02	10.68
Prueba F	ns	ns	ns	ns
CV (%)	1.96	3.26	34.32	6.07
DE	0.14	0.30	0.01	0.63
<i>Contrastes ortogonales</i>				
Control vs. tratados	*	ns	*	ns
Al vacío vs. sin vacío	ns	ns	ns	ns
15 vs. 20 días	ns	ns	ns	ns
Interacciones empaque por día almacenado	ns	ns	ns	ns

Promedio de medias de 7 corridas. *= significativo y ns= no significativo, respectivamente, al nivel de $P < 0.05$.

5.2.1.2. °Brix y porcentaje de acidez

°Brix y porcentaje de acidez de los pedazos de calabaza no fueron afectados por el tipo de sellado ni por el tiempo de almacenamiento (Tabla 7). Se obtuvo una media en el día 0 (control) de 9.37 °Brix. El tipo de sellados al vacío se obtuvo medias de 9.32 y 9.25 °Brix y sin vacío de 9.49 y 9.51 °Brix en los días 15 y 20, respectivamente. El porcentaje de acidez en el día 0 (control) fue de 0.03%, mientras que en los días 15 y 20 el porcentaje de acidez en ambos tipos de sellados fue de 0.02%.

5.2.1.3. Firmeza

Al comienzo del periodo de almacenamiento la firmeza de los pedazos de calabaza fue de 10.40 N (Tabla 7). Los tratamientos obtuvieron al día 15 medias de 10.61 N y 10.54 N, al vacío y sin vacío respectivamente. Al día 20, al vacío obtuvo una media de 10.14 N, mientras que sin vacío 10.68 N. No se observó cambios significativos a lo largo del periodo de almacenamiento de 20 días ni entre tratamientos.

5.2.1.4. Color

La variación entre las medias de los parámetros de color (L*, hue y chroma) durante los 20 días de almacenamiento fue mínima (Tabla 8). Las medias de chroma no variaron. Las calabazas almacenadas a 15 y 20 tuvieron un valor de L de 64.69 y 63.80 respectivamente. La media del parámetro hue fue mayor en control (67.42) que en tratados (66.07).

5.2.1.5. Análisis microbiológico

Los empaques sellados al vacío y sin vacío presentaron valores <10 log UFC/g de *Escherichia coli*, coliformes, *Staphylococcus aureus* y *Lactobacillus* spp. (Tabla 9). La presencia de bacterias aeróbicas en ambos empaques se mantuvo constantes durante los días de

almacenamiento. No hubo diferencia significativa entre el día 0 (2.90 log UFC/g), 15 (3.12 log UFC/g) y 20 (2.86 log UFC/g) ni entre los tipos de sellados, al vacío (2.97 log UFC/g) y sin vacío (3.02 log UFC/g).

Para hongos y levaduras no hubo diferencias entre los recuentos del día 0 hasta el día 20.

Tabla 8. Valores de L, hue y chroma de calabaza Soler mínimamente procesada, empacada al vacío y sin vacío, y almacenada por 15 y 20 días a $4^{\circ}\text{C} \pm 2$.

Tratamientos (Tipo de empaques, días almacenados)	L*	hue	chroma
Control , día 0	64.60	67.42	78.61
Al vacío, día 15	64.48	66.15	78.29
Sin vacío, día 15	64.89	66.45	77.66
Al vacío, día 20	63.88	65.83	79.01
Sin vacío, día 20	63.71	65.83	77.97
Prueba F	ns	ns	ns
CV (%)	1.69	1.06	1.90
DE	1.09	0.70	1.49
<i>Contrastes ortogonales</i>			
Control vs. tratados	ns	*	ns
Al vacío vs. sin vacío	ns	ns	ns
15 vs. 20 días	*	ns	ns
Interacciones empaque por día almacenado	ns	ns	ns

Promedio de medias de 7 corridas. *= significativo y ns= no significativo, respectivamente, al nivel de $P < 0.05$.

5.2.1.6. Monitoreo de la concentración de O_2 y CO_2 dentro de los empaques

El porcentaje de CO_2 y O_2 en la atmósfera dentro del empaque sellado sin vacío fue medido durante 72 horas luego del procesamiento. La cantidad de O_2 presente en el empaque inicialmente disminuyó entre 24 y 48 horas y luego se estabilizó entre 48 y 72 horas (Tabla 10).

Lo contrario ocurrió con el contenido de CO_2 : a medida que pasaban las horas el porcentaje de

CO₂ aumentaba, 3.61%, 6.09% y 10.06% a las 24, 48 y 72 horas respectivamente, con un aumento significativo entre las 48 y 72 horas.

Tabla 9. Perfil microbiano de calabaza Soler mínimamente procesada, empacada al vacío y sin vacío, y almacenada por 15 y 20 días.

Tratamientos (Tipos de empaques, días almacenados)	<i>E. coli</i> /coliforms (log UFC/g)	<i>S. aureus</i> (log UFC/g)	<i>Lactobacillus</i> <i>spp.</i> (log UFC/g)	Recuento aerobio (log UFC/g)	Hongos y levaduras (log UFC/g)
Control, día 0	<10	<10	<10	2.90	2.19
Al vacío, día 15	<10	<10	<10	3.17	2.35
Sin vacío, día 15	<10	<10	<10	3.07	2.31
Al vacío, día 20	<10	<10	<10	2.76	2.32
Sin vacío, día 20	<10	<10	<10	2.96	2.34
Prueba F	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	n/a	n/a	n/a	15.39	11.42
DE	n/a	n/a	n/a	0.46	0.26
<i>Contrastes ortogonales</i>					
Control vs. tratados	ns	ns	ns	ns	ns
Al vacío vs. sin vacío	ns	ns	ns	ns	ns
15 vs. 20 días	ns	ns	ns	ns	ns
Interacciones empaque por día almacenado	ns	ns	ns	ns	ns

No se encontraron *E. coli*/coliformes, *Staphylococcus aureus* ni *Lactobacillus spp.* en las muestras, por lo tanto, CV y DE no aplica (n/a). *= significativo y ns= no significativo, respectivamente, al nivel de P<0.05.

5.2.1.7. Análisis proximal

La humedad, fibra, proteína, cenizas y carbohidratos de la calabaza no fueron afectados por el tiempo de almacenamiento (Tabla 11).

Tabla 10. Porcentaje de CO₂ y O₂ en empaque sellado sin vacío de pedazos de calabaza Soler mínimamente procesada durante 72 horas.

Horas	Gases	
	%O ₂	%CO ₂
24	6.46 ^a	4.73 ^b
48	2.11 ^a	9.26 ^c
72	0.80 ^a	13.39 ^c
DMS	6.02	4.18
CV (%)	69.78	32.77

Promedio de medias de 7 corridas (derivado de análisis de varianza). En la misma columna, letras iguales indica que no hay una diferencia significativa entre las medias ($P < 0.05$, Prueba de Tukey). DMS= Diferencia mínima de Tukey al nivel de probabilidad de $P=0.05$.

Tabla 11. Composición química de calabaza Soler mínimamente procesada en el día 0 y a los 20 días de almacenamiento.

Análisis proximal	Promedio		
	Control, día 0	Al vacío, día 20	Sin vacío, día 20
Humedad (%)	-	-	-
Proteína (%)	0.91±0.07	0.90±0.03	0.91±0.05
Grasa (%)	0.14±0.05	0.10±0.02	0.09±0.01
Ceniza (%)	0.79±0.05	0.79±0.02	0.74±0.02
Fibra (%)	0.97±0.28	0.88±0.08	0.89±0.11
Carbohidratos totales (%)	4.19	4.32	4.36

Media de 3 determinación ± la desviación estándar.

5.3. Experimento 3

5.3.1. Análisis sensorial

La aceptabilidad de las variedades Taína Dorada y Soler en dos tipos de sellados fueron evaluados en la escala hedónica de 7 puntos. Se evaluó en los días de almacenamiento 0 y 20. La variedad Taína Dorada obtuvo una puntuación de 5.7 en el día 0, 5.2 sellado al vacío y 5.71 sellado sin vacío en el día 20. La variedad Soler obtuvo una puntuación de 5.5 en el día 0 (control), 5.2 sellado al vacío y 5.8 sin vacío en el día 20 (Tabla 12). No hubo diferencia significativa entre los tipos de sellados de los empaques ni en los días almacenados indicando que los días de almacenamiento ni los tipos de empaques influyen en el sabor de calabaza mínimamente procesada.

Tabla 12. Aceptabilidad de las calabazas Taína Dorada y Soler mínimamente procesadas, no empacadas (día 0) y empacadas al vacío y no vacío, y almacenadas por 20 días.

Tratamientos			
Tipo de empaque	Días de almacenamiento	Variedad	Aceptación
n/a	0	Soler	5.53 ^a
n/a	0	Taína Dorada	5.73 ^a
Al vacío	20	Soler	5.20 ^a
Sin vacío	20	Soler	5.80 ^a
Al vacío	20	Taína Dorada	5.23 ^a
Sin vacío	20	Taína Dorada	5.67 ^a
Tipo de empaque		Tukey(0.05)	0.53

Tukey(0.05)= La prueba de Diferencia Mínima Significativa de Tukey. En la misma columna medias con al menos una letra en común indica no diferencia significativa al nivel de probabilidad de $\alpha=0.05$.

6. DISCUSIÓN

Las frutas y vegetales son ricos en carbohidratos, pobres en proteínas, tiene un pH neutral y una actividad de agua alta; haciéndolos vulnerables a proliferación microbiana (Ramos et al., 2013). Se ha demostrado que el valor de pH de una calabaza varía entre 6.11 hasta 6.77 (Alvés et al., 2010b; Jacobo-Valenzuela et al., 2011). Sgroppo y Sosa (2009) reportaron un pH de 7.01 a 7.07 en *Cucurbita moschata*. El pH óptimo para la mayoría de los microorganismos de deterioro es entre 6.60-7.50. Las bacterias ácido lácticas pueden crecer a un valor de pH entre 4.00-4.50 (Jay et al., 2005). Los mohos y levaduras tienen la capacidad de crecer a un valor entre 2.20-5.00 (Beuchat, 2002). Los valores de pH de los pedazos de calabaza Taína Dorada y Soler incrementaron desde el día 0 (control: Taína Dorada, 6.70 y Soler, 6.82) hasta el día 20 (Taína Dorada, 7.00 y Soler, 7.09). El aumento de pH durante el almacenamiento puede estar relacionado con el consumo de ácidos orgánicos por el proceso respiratorio (Alvés et al., 2010b). Según Beuchat (2002), algunos mohos y levaduras tienen la capacidad de utilizar ácidos orgánicos provocando que se reduzca la acidez y aumente el valor de pH, creando un ambiente favorable para la proliferación de bacterias patogénicas.

La mayoría de las frutas están compuestas de sólidos solubles, que representan una gran parte de los azúcares (del 85 al 90%), vitaminas, compuestos fenólicos, ácidos orgánicos y pectinas (Alvés et al., 2010b). Se ha reportado que los sólidos solubles de la calabaza *C. moschata* es aproximadamente 6.42 °Brix (Jacobo-Valenzuela et al., 2011). En el presente estudio, Taína Dorada tuvo una media de 7.24 °Brix en el día 0 y los pedazos de Soler una media de 9.37 °Brix. Wessel-Beaver (2013) reportó un promedio de 10.75 °Brix en Taína Dorada y 5.35 °Brix en Soler. Las diferencias observadas pueden deberse a que las calabazas utilizadas en el presente estudio se encontraban inmaduras. Durante los 20 días de almacenamiento, los grados

Brix se mantuvieron constantes en ambas variedades de calabazas (Taína Dorada con 7.12 °Brix y Soler con 9.38 °Brix). Se esperaba que las medias de los grados Brix aumentarían debido a que los almidones presentes se convierten en azúcares rápidamente, disminuyendo la concentración de carbohidratos presentes (Roura et al., 2004). El almidón es el principal carbohidrato almacenado durante las primeras etapas de desarrollo de una fruta, degradándose a la vez que ésta empieza a madurar (Sharma y Rao, 2013). La inmadurez de las calabazas Taína Dorada y Soler afectó el valor de los grados Brix, ya que hubo poca degradación de los almidones presentes. Habibunisa y colaboradores (2001), reportaron que a los 25 días la media de calabazas empacadas sin vacío en LDPE fue 7.91 °Brix, mientras que al vacío fue de 8.52 °Brix habiendo incrementado desde el día inicial (7.96 °Brix). Silva y colaboradores (2009), reportaron concentraciones de sólidos solubles entre 9.83 a 10.38 °Brix al empacar la calabaza mínimamente procesada en bolsas de policloruro de vinilo (PVC, por sus siglas en inglés) y almacenada a 5°C y 10°C por 12 días. El contenido de sólidos solubles en las calabazas es importante como atributo de calidad debido a que éstas se caracterizan por el alto contenido de azúcares (Gibe y Kim, 2013).

La acidez titulable mide la concentración de acidez total presente en un alimento como por ejemplo los ácidos orgánicos. Los ácidos orgánicos presente en alimentos pueden afectar las características organolépticas, tales como sabor y color, la estabilidad microbiana y la calidad del producto (Nielsen, 2010). La acidez titulable junto con el contenido de azúcar indica la madurez del producto. El porcentaje de acidez de ácido cítrico se mantuvo constante durante el periodo de almacenamiento de 20 días en Taína Dorada (0.04%) y Soler (0.02%). La variedad Taína Dorada dio un valor similar al valor reportado por Jacobo-Valenzuela y colaboradores (2011), 0.04%, pero menor al reportado por Sgroppo y Sosa (2009) 0.06%, mientras que Soler

fue de 0.03%. Batista y colaboradores (2007), reportaron valores mayores a los de Taína Dorada y Soler, 0.13% a 0.14%.

La medición de la firmeza de la pulpa da un estimado de los cambios en la estructura, cohesión de la célula y las alteraciones bioquímicas responsables de la textura del producto (Alvés et al., 2010a). Alvéz y colaboradores (2010a), reportaron una media de 4.86 N en *C. moschata*. La media de la firmeza en la variedad Taína Dorada al día 0 fue 8.06 N, mientras que en la variedad Soler fue 10.40 N. La firmeza de las variedades no fueron afectadas por los tipos de sellados ni por los días de almacenamientos (Taína Dorada con $p=0.97$ y Soler con $p=0.23$). Según los resultados obtenidos por Habibunnisa y colaboradores (2001), la firmeza de los pedazos de calabazas que habían sido empacados en diferentes tratamientos de atmósferas modificadas y luego almacenadas a $5^{\circ}\text{C} \pm 2$ por 25 días en LDPE disminuyó el 16.9%. Factores como temperaturas y composición de la atmósfera dentro del empaque afectan la firmeza del tejido vegetal. Altas concentraciones de etileno conduce al ablandamiento del tejido, la cual es inducida por temperaturas altas o por alguna herida en el tejido de la fruta o vegetal (Ohlsson y Bengtsson, 2002; Sasaki, 2005). Las concentraciones bajas de O_2 y altas de CO_2 reducen la producción de etileno (Sasaki, 2005). Al mantener estas concentraciones en la atmósfera dentro de los empaques, se pudo mantener la firmeza estable durante los 20 días de almacenamiento.

El color durante el procesamiento mínimo tiende a ser afectado debido a las operaciones durante el proceso como el pelado y picado. La descoloración ocurre tras la cicatriz de los tejidos que han sido dañados en dichas operaciones (Angós et al., 2008). La variedad Taína Dorada posee un color anaranjado intenso (hue=65.8), mientras que Soler tiende a ser más amarillo (hue=68.0) (Wessel-Beaver, 2013). El color de las calabazas de la variedad Taína Dorada y Soler mínimamente procesadas no sufrieron cambios en las interacciones de empaques por días

almacenados. El uso de un cuchillo con buen filo de material de acero inoxidable durante el proceso de picado y la refrigeración del producto inmediatamente después de ser cortado son factores que pudieron influir en la estabilidad del color (Allende et al., 2006; Parzanese, 2014), ya que minimiza el daño físico y el proceso de deterioro. Otro factor pudo haber sido el bajo contenido de oxígeno presente en la atmósfera dentro de los empaques, ya que éste promueve la oxidación de pigmentos (Sandhya, 2009)

La glicólisis, el ciclo del ácido tricarboxílico, y el sistema de transporte de electrones son las vías metabólicas de la respiración aeróbica, la cual consiste en romper las reservas orgánicas, tales como los carbohidratos, lípidos y ácidos orgánicos, en moléculas simple consumiendo O₂ en series de reacciones enzimáticas durante el proceso (Fonseca et al., 2002). Durante los 20 días de almacenamiento, los niveles de CO₂ aumentaron mientras que los de O₂ disminuyeron. La Taína Dorada tuvo una media a las 72 horas de 0.80% de O₂ y 13.39% de CO₂. La variedad Soler obtuvo una media de 3.54% de O₂ y 10.06% de CO₂ a las 72 horas. El aumento de los niveles de CO₂ y la disminución de O₂ está asociado con el estrés causado por el procesamiento mínimo ya que los tejidos son dañados a causa de las manipulaciones mecánicas que promueven alteraciones metabólicas tales como la producción de etileno, acumulación de metabolitos secundarios e interrupción celular (Alvés et al., 2010a). Sasaki y colaboradores (2006), recomendaron que las condiciones para la preservación de las frutas y hortalizas mínimamente procesadas sean de concentraciones de 2 a 8% O₂ y de 5 a 15% para CO₂. En el estudio realizado por Habibunnisa y colaboradores (2001), los pedazos de calabazas mínimamente procesadas, empacadas en LPDE y almacenadas a 5°C ± 2, la media de O₂ a las 60 horas fue de 2% y el CO₂ de 15%. Entre los beneficios en tener un alto contenido de CO₂ en una atmósfera modificada

están asociadas a la inhibición de microorganismos psicotrópicos de deterioro (Soliva-Fortuny et al., 2004).

Las calabazas poseen un alto contenido de humedad, un bajo contenido de grasas y son una fuente excelente de vitaminas, minerales y fibra dietética (Alvés et al., 2010b). La composición química de calabaza Taína Dorada y Soler no se vio afectada por el periodo de almacenamiento ni por el tipo de sellado. Los valores obtenidos en la composición química son similares a los valores reportados por Alvés y colaboradores (2010b) y Jacobo-Valenzuela y colaboradores (2011) para *C. moschata*.

Uno de los problemas que se confronta al alargar la vida útil de una fruta o vegetal mínimamente procesada es el retardar la proliferación microbiana (Roura et al., 2004). La desinfección de frutas y vegetales mínimamente procesados juega un papel importante en reducir el deterioro, en mantener la calidad y alargar la vida útil del producto (Alvés et al., 2010a). En el día 20, la variedad Taína Dorada obtuvo una media para el recuento total de bacterias aerobias de 4.27 log UFC/g y la variedad Soler de 2.86 log UFC/g. Los recuentos totales de bacterias en las hortalizas se utilizan como parámetros de la carga microbiana presente no indica si la población tiene un efecto beneficioso o perjudicial (Alvés et al., 2010b); sin embargo, ofrece una idea de la calidad del producto. Morton (2001), estableció parámetros de 3.00-6.00 log UFC/g (10^3 - 10^6 UFC/g) de bacteria para comercializar vegetales congelados o productos similares. Roura y colaboradores (2004), obtuvieron poblaciones de microorganismos mesofílicos aerobios de 8.50 log UFC/g (3.50×10^8 UFC/g) al día 15 en pedazos de calabazas mínimamente procesadas, empacados en contenedores plásticos envueltos en polietilenos y luego almacenados a 10-12°C. Sasaki y colaboradores (2006), realizaron un estudio en que las calabazas cortadas en cubos y refrigerados a 5°C obtuvieron un conteo de bacterias aerobias de 0.60 (4.00×10 UFC/g), 5.50

(3.40×10^5 UFC/g) y $6.90 \log$ UFC/g (7.50×10^6 UFC/g) en los días 0, 6 y 12 respectivamente. La variedad Taína Dorada y Soler obtuvieron valores menores en el día 20 al comparar los valores obtenidos por Sasaki y colaboradores (2006) al día 12. Habibunnisa y colaboradores (2001), aplicaron una solución de 0.2% ácido cítrico y 0.1% metabisulfito de potasio a pedazos de calabaza y obtuvieron un conteo de bacterias aerobias de $5.50 \log$ UFC/g (32.40×10^4 UFC/g) en el día 25 al almacenarlo a 5°C . Los pedazos de calabaza Taína Dorada obtuvieron valores similares a Habibunnisa y colaboradores (2001), mientras que Soler obtuvo valores menores.

El deterioro del alimento por levaduras es el resultado de la actividad fermentativa, mientras que el deterioro por mohos es debido a la degradación estructural de los polisacáridos al ser reducidos a azúcares simples para luego ser utilizados como fuente de energía (Beuchat, 2002). Los recuento de hongos y levaduras de las dos variedades al día 20 (Taina Dorada, $2.37 \log$ UFC/g y Soler, $2.33 \log$ UFC/g) se encontraron por debajo del recuento obtenido por Roura y colaboradores (2004; $6.80 \log$ UFC/g, 6.30×10^6 UFC/g) al día 15 en pedazos de calabazas mínimamente procesadas, empacados en contenedores plásticos envueltos en polietilenos y luego almacenados a $10-12^\circ\text{C}$.

La presencia de coliformes indica una sanitización o manipulación inadecuada durante el procesamiento de la materia prima contaminada (Sasaki et al., 2006), mientras que la presencia de *Staphylococcus aureus* nos indica que hubo una contaminación humana durante el proceso (Sasaki, 2005; Schlimme, 1996). Los pedazos de calabazas que fueron analizados obtuvieron $<10 \log$ UFC/g en bacterias coliformes, *Escherichia coli* ni *Staphylococcus aureus* indicando que hubo buenas prácticas de manufactura y prácticas sanitarias. La presencia de bacterias ácidos lácticas también fue $<10 \log$ UFC/g.

La apariencia de los vegetales frescos cortados es el primer atributo percibido por el consumidor y afecta fuertemente su decisión de compra (Alvés et al., 2010*b*). Los tipos de sellados (al vacío y sin vacío) y el tiempo de almacenamiento no influenció en la aceptación de las calabazas (variedades Taína Dorada y Soler) mínimamente procesadas y almacenadas a $4^{\circ}\text{C} \pm 2$ por 20 días. Habibunnisa y colaboradores (2001), reportaron que los pedazos de calabazas que fueron tratadas y empacadas en bolsas de LDPE (low-density polyethylene) almacenadas a $5^{\circ}\text{C} \pm 2$ se mantuvieron en buenas condiciones por el periodo de 25 días, reteniendo la apariencia de fresca, color y sabor.

A nivel agrícola, se ha establecido que las calabazas con 30 días después de haber florecido están fisiológicamente maduras. El consumidor gusta de calabazas cosechadas a partir de los 40 días de haber florecido, ya que las mismas poseen todas las características organolépticas deseadas. En el desarrollo de este estudio, se pretendió utilizar calabazas que cumplieran con las demandas del consumidor, sin embargo, este requerimiento no fue ejercido en su totalidad.

7. CONCLUSIÓN

El producto mínimamente procesado a partir de la calabaza (*C. moschata* cr. Taína Dorada y Soler) tratada con una solución antimicrobial que contenía 0.2% ácido cítrico y 0.1% de benzoato de sodio, empacada en bolsa de polietileno de baja densidad (selladas al vacío y sin vacío) y almacenada por 20 días a $4^{\circ}\text{C} \pm 2$ presentó niveles microbiológicos seguros y una calidad aceptable para el consumidor.

8. RECOMENDACIONES

- Aumentar los días de almacenamiento para determinar la vida útil óptima del producto al vacío vs sin vacío.
- Evaluar la temperatura de almacenamiento de 10°C, ya que es la temperatura real en que se almacenan los productos en los comercios, para determinar la vida útil del producto.

9. LITERATURA CITADA

- Abdullah, M.Z., L. Guan, L. K. Lim, y A. Karim. 2004. The applications of computer vision system and tomographic radar imaging for assessing physical properties of food. *Journal of Food Engineering* 61 (1): 125–135.
- Allende, A., F. Tomás-Barberán y M. Gil. 2006. Minimal processing for healthy traditional foods. *Trends in Food Science & Technology* 17: 513-519.
- Alvés, J.A., E.V. Vilas Boas, B.M. Vilas Boas, E.C. Souza y R. Hilsdorf. 2010*a*. Vida útil de produto minimamente processado composto por abóbora, cenoura, chuchu e mandioquinha-salsa. *Ciência e agrotecnologia* 34(1): 182-189.
- Alvés, J.A., E.V. Vilas Boas, B.M. Vilas Boas y E.C. Souza. 2010*b*. Qualidade de produto minimamente processado à base de abóbora, cenoura, chuchu e mandioquinha-salsa. *Ciência e Tecnologia Alimentos* 30(3): 625-634.
- Angós, I., P. Vírveda y T. Fernández. 2008. Control of respiration and color modification on minimally processed potatoes by means of low and high O₂/CO₂ atmospheres. *Postharvest Biology and Technology* 48: 422–430.
- Artés F., M. Castañer y M.I. Gil. 1998. Enzymatic browning in minimally processed fruit and vegetables. *International Journal of Food Science and Technology*, 4: 377–389.
- AOAC. 1990. *Official Method of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. 15th Ed. Vol 1 y 2. p 64-1048.
- AOAC Official Method 991.14 ó 998.08. 1994. Coliform and *Escherichia coli* count in foods. Revisado: Agosto 16, 2014. Disponible en: <http://www.longrunbio.com/uploads/soft/130814/1-130Q4144244.pdf>
- AOAC Official Method 990.12. 2000*a*. Aerobic count plate, Dry Rehydratable Film, Petrifilm™ Aerobic Count Plate Method. Revisado: Agosto, 16, 2014. Disponible en: http://www.3m.com/intl/kr/microbiology/p_aerobic/use3.pdf
- AOAC Official Method 2003.07. 2000*b*. Staph express count plate. Revisado: Agosto 17, 2014. Disponible en: <http://mb-labs.com/docs/spoilage/3M%20Petrifilm%20-%20Staph.pdf>
- AOAC Official Method 997.02. 2000*c*. Yeast and mold counts in foods. Dry rehydratable films method (Petrifilm™ Method). Revisado: Agosto 16, 2014. Disponible en: <http://www.meat->

food.com/allfile/criterion/%E6%A3%80%E6%B5%8B%E6%A0%87%E5%87%86/AOAC%2017.2.09.pdf

AOAC Official Method 942.15. 2005. Acidity (Titrable) of Fruit Products. Official method of Analysis of AOAC International, 18 Ed.Cap. 37, p.10.

AOCS Official Method Am 5-04 y Ba 6-05. 2005. American Oil Chemist's Society. Urbana, Illinois, Estados Unidos

Azevedo-Meleiro, C.H. y D.B. Rodriguez-Amaya. 2007. Qualitative and quantitative Differences in carotenoid composition among *Cucurbita moschata*, *Cucurbita maxima*, and *Cucurbita pepo*. Journal Agriculture Food Chemical 55, 4027-4033.

Batista, P., A. O dos Santos, M. Pires, B. Dantas y A. Rosa. 2007. Utilização de filmes plásticos e comestíveis na conservação pós-colheita de melão amarelo. Horticultura brasileira 25(4): 572-576.

Beuchat, L.R. 2002. Ecological factors influencing survival and growth of human pathogens on raw fruits and vegetables. Microbes and Infection 4: 413-423.

Brecht J K. 1995. Physiology of lightly processed fruits and vegetables. Horticultural science 30 (1):18-24.

Cliffe-Byrnes y D. O'Beirne. 2005. Effects of chlorine treatment and packaging on the quality and shelf-life of modified atmosphere (MA) packaged. Food Control 16: 707-716.

Critzer, F. J. y M.P. Doyle. 2010. Microbial ecology of foodborne pathogens associated with produce. Current Opinion in Biotechnology 21(2): 125-130.

Corbo, M.R, C. Altieri, D. D'Amato, D. Campaniello, M.A. Del Nobile y M. Sinigaglia. 2004. Effect of temperature on shelf life and microbial population of lightly processed cactus pear fruit. Postharvest Biology and Technology 31: 93-104

De Jesús, J., P. Zamudio, C. Torres, R. Holguín, O. Ramos, S. Ruiz, J.Guevara, G. González y V. Santana. 2012. The barrier properties and potential use of recycled-LDPE films as a packaging material to preserve the quality of Jalapeño peppers by modified atmospheres. Scientia Horticulturae 135: 210-218.

Di Rienzo, J. A., F. Casanoves, M.G. Balzarini, L. González, M. Tablada y C.W. Robledo. 2013. InfoStat versión 2013. Grupo InfoStat FCA: Universidad Nacional de

Córdoba, Argentina. Disponible en: <http://www.infostat.com.ar/>

Doymaz I. 2007. The kinetics of forced convective air-drying of pumpkin slices. *Journal Food Engineering* 79:243-248.

FAO. 2011. FAOSTAT. Revisado: Noviembre 20, 2013. Disponible en <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>

Fonseca, S., F. Oliveira y J. Brecht. 2002. Modelling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages: a review. *Journal of Food Engineering* 52: 99–119.

Food and Drug Administration Services. 2001. Laboratory Methods - BAM: Aerobic Plate Count. Revisado: Noviembre 19, 2013. Disponible en: <http://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/LaboratoryMethods/ucm063346.htm>

Fu C., H. Shi y Q. Li. 2006. A review on pharmacological activities and utilization technologies of pumpkin. *Plant Foods for Human Nutrition* 61:73-80.

Gajewski M., J. Radzanowska, H. Danilcenko, E. Jariene y J. Cerniauskiene. Quality of Pumpkin Cultivars in Relation to Sensory Characteristics. 2008. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici* 36 (1): 73-79.

Gibe, A y J. Kim. 2013. Influence of cutting size and packaging materials on the quality of fresh-cut winter squash (var. Ajijimang). *Agricultural Science* 4(9): 477-482.

Giménez, M., C. Olarte, S. Sanz, C. Lomas, J.F. Echávarri y F. Ayala. 2003. Relation between spoilage and microbiological quality in minimally processed artichoke packaged with different films. *Food Microbiology* 20: 231-242.

Guiné, R., S. Pinho y M. Joao. 2011. Study of the convective drying of pumpkin. *Food and bioproducts processing*: 422-428.

Habibunnisa, R. Baskaran y R. Prasad y K. Shivaiah. 2001. Storage behavior of minimally processed pumpkin (*Curcubita maxima*) under modified atmosphere packaging conditions. *European Food Research and Technology* 212(2):165-169.

Hurst, W. 1995. Sanitation of Lightly Processed Fruits and Vegetables. *Horticultural Science* 30(1): 22-24.

- Jacobo-Valenzuela, N. y J.J. Zazueta-Morales, J.A. Gallegos-Infante, F. Aguilar-Gutierrez, I.L. Camacho-Hernandez, N.E. Rocha-Guzman y R.F. Gonzalez-Laredo, R.F. 2011. Chemical and physicochemical characterization of winter squash (*Cucurbita moschata D.*). *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj*, 39(1):34-40.
- Jay, J., M. J. Loessner y D. A. Golden. 2005. *Modern food microbiology*. 7 Ed. Springer Science+Business, Media Inc. New York, 39-56, 150-153 pp.
- Kader, A.A. 1986. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. *Food Technology* 40: 99-104.
- Kader A.A, E.L. Zagory y E.L. Kerbel. 1989. Modified atmosphere packaging of fruit and vegetables. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 28:1-30.
- Lee, S.M., K.T. Lee, S.H. Lee y J.K. Song. 2013. Origin of human colour preference for food. *Journal of Food Engineering* 119: 508-515.
- Lira S.R. y H.S. Montes. 1992. Cultivos marginados otra perspectiva de 1492. La agricultura en Mesoamérica. Cucúrbita (*Cucurbita spp.*). *Cultivos Andinos-FAO*.
- McGuire, R. 1992. Reporting of objective color measurements. *Horticultural Science* 27(12).
- Meilgaard, M.C., T. Carr y G.V. Civille. 2007. *Affective Methods Qualitative. Sensory Evaluation Techniques*, Fourth Edition: 275-279.
- Morton, R. 2001. Aerobic plate count. En: Downes, F.P. y K. Ito. *Compendium of methods for the microbiological examinations of foods*, 4 ed. Washington: American Public Health Association: 63-67.
- Nielsen, S.S. 2010. *Food Analysis*. Fourth Edition. Springer New York Dordrecht Heidelberg London : 87, 107, 119-120, 135, 149 pp.
- O'Beirne, D. y G.A. Francis. 2003. Reducing pathogen risk in MAP-prepared produce. *Novel food packaging techniques*: 231-232.
- Ohlsson, T. y N. Bengtsson. 2002. *Minimal processing technologies in the food industry*. Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC, Boca Raton, 93, 223,225 pp.
- Oliveira, M.A., V. M. de Souza, A.M. Morato y E.C. Pereira. 2011. Microbiological quality of ready-to-eat minimally processed vegetables consumed in Brazil. *Food Control* 22: 1400-1403.

Oliveira, E., M. Rocha, N. Wurlitzer, De Jesús, Z. y F. Mangan. 2012. *Advances in fruit processing technology*. Taylor & Francis Group, Florida, 217-223 pp.

Oms-Oliu, G., M.A. Rojas-Graü, L.A. González, P. Varela, R. Soliva-Fortuny, M.I. Hernando, I. Pérez, S. Fiszman y O. Martín-Belloso. 2010. Recent approaches using chemical treatments to preserve quality of fresh-cut fruit: A review. *Postharvest Biology and Technology* 57: 139–148

Ongeng, D., F. Devlieghere, J. Debevere, J. Coosemans y J. Ryckeboer. 2006. The efficacy of electrolysed oxidising water for inactivating spoilage microorganisms in process water and on minimally processed vegetables. *International Journal of Food Microbiology* 109: 187–197.

Parzanese, M. Vegetales mínimamente procesados. Revisado: Abril 4, 2014 http://www.alimentosargentinos.gov.ar/contenido/revista/ediciones/55/productos/R55_vegetales.pdf

Ramos, B. F.A. Miller, T.R.S. Brandao, P. Teixeira y C.L.M. Silva. 2013. Fresh fruits and vegetables-An overview on applied methodologies to improve its quality and safety. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 20: 1-15.

Rossaint, S., S. Klausma, U. Herbert y J. Kreyenschmidt. 2014. Effect of package perforation on the spoilage process of poultry stored under different modified atmospheres. *Food packaging and Shelflife*: 68-76.

Roura, I., M. Del Rosario y C. Valle. 2004. Shelf-life of fresh-like ready-to-use diced squash. *Journal of Food Quality* 27: 91-101.

Sandhya. 2009. Modified atmosphere packaging of fresh produce: Current status and future needs. *Food Science and Technology* 46: 381-392.

Saltveit M. E. 2003. Fresh-cut vegetables. En: JA Bartz, & JK Brecht (Eds.), *Postharvest physiology and pathology of vegetables*. New York: Dekker Inc.: 691–712.

Saper, G.M. 2001. Efficacy of Washing and Sanitizing Methods for Disinfection of Fresh Fruit and Vegetable Products. *Food Technology Biotechnology* 39 (4): 305–311.

Sasaki, F.F. 2005. Processamiento mínimo de abóbore (Cucurbita moschara Duch.): Alterações fisiológicas, qualitativas e microbiológicas. Tesis M.S. Universidad de São Paulo, Brasil: 3-11 pp.

Sasaki, F.F., J.S. Del Aguila, C.R. Gallo, M.M. Ortega, A.P. Jacomino y R.A. Kluge. 2006. Procesamiento Mínimo de abóbora (*Curcubita moschata* Duch.): Alterações fisiológicas, cualitativas e microbiológicas durante o armazenamento de abóbora minimamente procesada em diferentes tipos de corte. *Horticultura Brasileira* 24: 170-174.

Schlimme, D. 1995. Marketing lightly processed fruits and vegetables. *Horticultural Science* 30 (1): 15-17.

Sharma, S. y R. Rao. 2013. Nutritional quality characteristics of pumpkin fruit as revealed by its biochemical analysis. *International Food Research Journal* 20(5): 2309-2316.

Sgroppo, S. y C. Sosa. 2009. Zapallo anco (*Cucurbita moschata*, D.) fresco cortado tratado con luz UV-C. *Facena* 25: 7-19.

Silva, A., D. Oliveira, P. Yagui, M. Carnelossi, E. Muniz y N. Narain. 2009. Temperature and packaging of minimally processed pumpkin (*Curcubita moschata*). *Ciência e Tecnologia Alimentos* 29(2): 391-394.

Singh, K. y B. Reddy. 2006. Post-harvest physical-mechanical properties of orange peel and fruit. *Journal of Food Engineering* 73: 112-120.

Soliva-Fortuny, R.C., P. Elez-Martínez y O. Martín-Belloso. 2004. Microbiological and biochemical stability of fresh-cut apples preserved by modified atmosphere packaging. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 5: 215-224.

Tripathi, J., S.Gupta y V. Kumar. 2011. Processing food for convenience: challenges and potenciales. *Barc newsletter* 322: 55-60.

Toivonen, P. y D. Brummell. 2008. Biochemical bases of appearance and texture changes in flesh-cut fruit and vegetables. *Postharvest Biology and Technology* 48: 1-14.

USDA, 2014a. Global Agricultural Trade System (GATS), Foreign Ag Service (FAS). Agricultural Research Service United States Department of Agriculture. Disponible en: <http://apps.fas.usda.gov/gats/BICOREport.aspx?type=pfood>

USDA, 2014b. National Nutrient Database for Standard Reference. Release 26. The National Agricultural Library. Agricultural Research Service United States Department of Agriculture. Disponible en: <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/3235?fg=&man=&facet=&format=&count=&max=25&offset=&sort=&qlookup=squash>

USDA, 2014c. Vegetable Annual Summary, National Agricultural Statistics Service (NASS). Agricultural Research Service United States Department of Agriculture. Disponible en: <http://usda.mannlib.cornell.edu/MannUsda/viewDocumentInfo.do?documentID=1183>

Vaclavik, V. y E. Christian. 2008. Essentials of Food Science. Third Edition, Ed. Springer Science Business Media, Inc., New York, 27 pp.

Valadez-Blanco, R.; Viridi, A.I.S.; Balke, S.T; Diosady, L.L. 2007. In-line color monitoring during food extrusión: Sensitivity and correlation with product color. Food Research International 40:1129-1139.

Watada A.E., K. Abe y N. Yamauchi. 1990. Physiological activities of partially processed fruits and vegetables. Food Technology 20(116-118): 120–122.

Wessel-Beaver, L. 2013. Cultivar and germplasm release. Release of tropical pumpkin ‘Taína Dorada’. Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico 97 (1-2): 97-100.

Yamashita, F., A. Tonzar, J. Fernandes, S. Moriya y M. Benassi. 2001. Embalagem individual de mangas cv. Tommy Atkins em filme plástico: efeito sobre a vida de prateleira. Revista Brasileira de Fruticultura 23: 288-292.

Yildiz F. 1994. Initial preparation, handling and distribution of minimally processed refrigerated (MPR) fruits and vegetables. In: RC. Wiley (Ed). Minimally processed refrigerated fruit and vegetables Orlando, Flroda: 15–65.

10. APÉNDICE

10.1. Análisis estadístico

10.1.1. Análisis físico-químico de pedazos de calabaza Taína Dorada

Variable dependiente: pH

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
pH	35	0.69	0.56	2.06

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1.08	10	0.11	5.31	0.0004
Tratamientos	0.53	4	0.13	6.53	0.0011
Bloque	0.55	6	0.09	4.49	0.0035
Error	0.49	24	0.02		
Total	1.57	34			

Contrastes

Tratamientos	Contraste	SC	gl	CM	F	p-valor
Contraste1	-1.20	0.50	1	0.50	24.70	<0.0001
Contraste2	-0.09	0.01	1	0.01	0.63	0.4351
Contraste3	-0.04	2.4E-03	1	2.4E-03	0.12	0.7339
Contraste4	0.09	0.01	1	0.01	0.67	0.4202
Total		0.53	4	0.13	6.53	0.0011

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.22496

Error: 0.0204 gl: 24

Tratamientos	Medias	n	E.E.
1	6.70	7	0.05 A
3	6.96	7	0.05 B
4	6.99	7	0.05 B
2	6.99	7	0.05 B
5	7.05	7	0.05 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Variable dependiente: Brix

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Brix	35	0.97	0.96	4.08

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	63.77	10	6.38	74.65	<0.0001
Tratamientos	0.18	4	0.04	0.52	0.7220
Bloque	63.59	6	10.60	124.07	<0.0001
Error	2.05	24	0.09		
Total	65.82	34			

Contrastes

Tratamientos	Contraste	SC	gl	CM	F	p-valor
Contraste1	0.42	0.06	1	0.06	0.71	0.4068
Contraste2	-0.19	0.06	1	0.06	0.75	0.3948
Contraste3	0.17	0.05	1	0.05	0.60	0.4454
Contraste4	0.03	1.2E-03	1	1.2E-03	0.01	0.9083
Total		0.18	4	0.04	0.52	0.7220

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.46024

Error: 0.0854 gl: 24

Tratamientos	Medias	n	E.E.
3	7.04	7	0.11 A
2	7.14	7	0.11 A
5	7.15	7	0.11 A
4	7.22	7	0.11 A
1	7.24	7	0.11 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Variable dependiente: % Acidez

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
%A. citrtico	35	0.68	0.54	25.70

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4.9E-03	10	4.9E-04	5.04	0.0006
Tratamientos	1.4E-04	4	3.5E-05	0.36	0.8335
Bloque	4.8E-03	6	7.9E-04	8.15	0.0001
Error	2.3E-03	24	9.7E-05		
Total	0.01	34			

Contrastes

Tratamientos	Contraste	SC	gl	CM	F	p-valor
Contraste1	-0.01	4.6E-05	1	4.6E-05	0.47	0.4981
Contraste2	-2.5E-03	1.1E-05	1	1.1E-05	0.11	0.7385
Contraste3	3.6E-03	2.3E-05	1	2.3E-05	0.24	0.6302
Contraste4	-0.01	6.1E-05	1	6.1E-05	0.62	0.4385
Total		1.4E-04	4	3.5E-05	0.36	0.8335

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.01555

Error: 0.0001 gl: 24

Tratamientos	Medias	n	E.E.
1.00	0.04	7	3.7E-03 A
5.00	0.04	7	3.7E-03 A
2.00	0.04	7	3.7E-03 A
3.00	0.04	7	3.7E-03 A
4.00	0.04	7	3.7E-03 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Variable dependiente: Firmeza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Firmeza	25	0.51	0.26	9.64

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	9.05	8	1.13	2.05	0.1058
tratamientos	7.25	4	1.81	3.28	0.0382
bloque	1.80	4	0.45	0.82	0.5339
Error	8.84	16	0.55		
Total	17.88	24			

Contrastes

tratamientos	Contraste	SC	gl	CM	F	p-valor
Contraste1	1.74	0.75	1	0.75	1.37	0.2595
Contraste2	2.23	6.24	1	6.24	11.30	0.0040
Contraste3	-0.45	0.25	1	0.25	0.46	0.5088
Contraste4	-0.03	8.1E-04	1	8.1E-04	1.5E-03	0.9699
Total		7.25	4	1.81	3.28	0.0382

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.43987

Error: 0.5522 gl: 16

tratamientos	Medias	n	E.E.
4	6.96	5	0.33 A
5	7.17	5	0.33 A
1	8.06	5	0.33 A
2	8.06	5	0.33 A
3	8.30	5	0.33 A

Variable dependiente: L

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
L	35	0.84	0.78	1.90

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	200.53	10	20.05	13.04	<0.0001
Bloque	188.87	6	31.48	20.46	<0.0001
trat	11.66	4	2.91	1.89	0.1441
Error	36.92	24	1.54		
Total	237.45	34			

Contrastes

trat	Contraste	SC	gl	CM	F	p-valor
Contraste1	1.80	1.14	1	1.14	0.74	0.3978
Contraste2	-2.00	6.97	1	6.97	4.53	0.0437
Contraste3	1.02	1.82	1	1.82	1.19	0.2870
Contraste4	0.99	1.72	1	1.72	1.12	0.3010
Total		11.66	4	2.91	1.89	0.1441

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.95302

Error: 1.5382 gl: 24

trat	Medias	n	E.E.	
3	64.28	7	0.47	A
2	65.29	7	0.47	A
1	65.73	7	0.47	A
5	65.77	7	0.47	A
4	65.79	7	0.47	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Variable dependiente: chroma

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Chroma	35	0.56	0.37	3.85

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	285.42	10	28.54	3.01	0.0131
Bloque	229.71	6	38.28	4.04	0.0062
trat	55.71	4	13.93	1.47	0.2429
Error	227.67	24	9.49		
Total	513.09	34			

Contrastes

trat	Contraste	SC	gl	CM	F	p-valor
Contraste1	-4.42	6.85	1	6.85	0.72	0.4040
Contraste2	4.06	28.86	1	28.86	3.04	0.0939
Contraste3	3.34	19.56	1	19.56	2.06	0.1639
Contraste4	-0.50	0.44	1	0.44	0.05	0.8308
Total		55.71	4	13.93	1.47	0.2429

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=4.85014

Error: 9.4864 gl: 24

trat	Medias	n	E.E.	
5	78.28	7	1.16	A
1	79.15	7	1.16	A
4	80.20	7	1.16	A
3	80.56	7	1.16	A
2	81.98	7	1.16	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Variable dependiente: hue

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Hue	35	0.76	0.66	1.36

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	58.48	10	5.85	7.50	<0.0001
Bloque	56.85	6	9.48	12.15	<0.0001
trat	1.62	4	0.41	0.52	0.7216
Error	18.72	24	0.78		
Total	77.20	34			

Contrastes

trat	Contraste	SC	gl	CM	F	p-valor
Contraste1	-0.39	0.05	1	0.05	0.07	0.7980
Contraste2	-0.59	0.60	1	0.60	0.77	0.3889
Contraste3	0.69	0.84	1	0.84	1.08	0.3090
Contraste4	-0.27	0.13	1	0.13	0.16	0.6892
Total		1.62	4	0.41	0.52	0.7216

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.39081

Error: 0.7801 gl: 24

trat	Medias	n	E.E.
3	64.68	7	0.33 A
1	64.84	7	0.33 A
5	64.84	7	0.33 A
2	64.90	7	0.33 A
4	65.32	7	0.33 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

10.1.2. Análisis microbiológico de pedazos de calabaza Taína Dorada

Variable dependiente: Reciento aerobio

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Aerobio	35	0.72	0.60	21.45

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	44.29	10	4.43	6.16	0.0001
Tratamiento	7.91	4	1.98	2.75	0.0515
Bloque	36.39	6	6.06	8.44	0.0001
Error	17.24	24	0.72		
Total	61.54	34			

Contrastes

Tratamiento	Contraste	SC	gl	CM	F	p-valor
Contraste1	-3.99	5.57	1	5.57	7.75	0.0103
Contraste2	-1.02	1.81	1	1.81	2.52	0.1258
Contraste3	-0.45	0.35	1	0.35	0.49	0.4895
Contraste4	-0.31	0.17	1	0.17	0.24	0.6276
Total		7.91	4	1.98	2.75	0.0515

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.33483

Error: 0.7185 gl: 24

Tratamiento	Medias	n	E.E.
1	3.15	7	0.32 A
2	3.71	7	0.32 A
3	4.09	7	0.32 A
4	4.37	7	0.32 A
5	4.44	7	0.32 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Variable dependiente: Hongos y levaduras

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Hongo/lev	35	0.40	0.16	7.78

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.53	10	0.05	1.62	0.1592
Bloque	0.44	6	0.07	2.23	0.0750
Tratamiento	0.09	4	0.02	0.72	0.5892
Error	0.78	24	0.03		
Total	1.32	34			

Contrastes

Tratamiento	Contraste	SC	gl	CM	F	p-valor
Contraste1	-0.37	0.05	1	0.05	1.50	0.2333
Contraste2	-0.06	0.01	1	0.01	0.19	0.6697
Contraste3	-0.09	0.01	1	0.01	0.45	0.5095
Contraste4	0.12	0.02	1	0.02	0.73	0.3999
Total		0.09	4	0.02	0.72	0.5892

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.28469

Error: 0.0327 gl: 24

Tratamiento	Medias	n	E.E.
1	2.25	7	0.07 A
4	2.30	7	0.07 A
3	2.32	7	0.07 A
2	2.33	7	0.07 A
5	2.41	7	0.07 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

10.1.3. Análisis físico-químico de pedazos de calabaza Soler

Variable dependiente: pH

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
pH	35	0.65	0.51	1.96

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.85	10	0.09	4.49	0.0012
Tratamientos	0.41	4	0.10	5.42	0.0030
Bloque	0.44	6	0.07	3.88	0.0076
Error	0.46	24	0.02		
Total	1.31	34			

Contrastes

Tratamientos	Contraste	SC	gl	CM	F	p-valor
Contraste1	-1.00	0.35	1	0.35	18.55	0.0002
Contraste2	-0.17	0.05	1	0.05	2.53	0.1246
Contraste3	-0.07	0.01	1	0.01	0.51	0.4824
Contraste4	0.03	1.7E-03	1	1.7E-03	0.09	0.7654
Total		0.41	4	0.10	5.42	0.0030

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.21690

Error: 0.0190 gl: 24

Tratamientos	Medias	n	E.E.		
1	6.82	7	0.05	A	
2	7.02	7	0.05	A	B
3	7.04	7	0.05		B
4	7.09	7	0.05		B
5	7.14	7	0.05		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Variable dependiente: Brix

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Brix	35	0.96	0.94	3.26

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	49.50	10	4.95	52.86	<0.0001
Tratamientos	0.35	4	0.09	0.94	0.4595
Bloque	49.15	6	8.19	87.47	<0.0001
Error	2.25	24	0.09		
Total	51.75	34			

Contrastes

Tratamientos	Contraste	SC	gl	CM	F	p-valor
Contraste1	-0.08	2.1E-03	1	2.1E-03	0.02	0.8827
Contraste2	-0.43	0.33	1	0.33	3.48	0.0745
Contraste3	0.05	4.6E-03	1	4.6E-03	0.05	0.8259
Contraste4	0.10	0.02	1	0.02	0.20	0.6606
Total		0.35	4	0.09	0.94	0.4595

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.48190

Error: 0.0937 gl: 24

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
3	9.25	7	0.12	A
2	9.32	7	0.12	A
1	9.37	7	0.12	A
4	9.49	7	0.12	A
5	9.51	7	0.12	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Variable dependiente: % Acidez

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
%A. citrico	35	0.60	0.44	34.32

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2.0E-03	10	2.0E-04	3.66	0.0045
Tratamiento	4.3E-04	4	1.1E-04	1.92	0.1403
Bloque	1.6E-03	6	2.7E-04	4.82	0.0023
Error	1.3E-03	24	5.6E-05		
Total	3.4E-03	34			

Contrastes

Tratamiento	Contraste	SC	gl	CM	F	p-valor
Contraste1	0.03	3.7E-04	1	3.7E-04	6.60	0.0168
Contraste2	1.1E-03	2.2E-06	1	2.2E-06	0.04	0.8446
Contraste3	0.01	5.5E-05	1	5.5E-05	0.98	0.3317
Contraste4	1.1E-03	2.2E-06	1	2.2E-06	0.04	0.8446
Total		4.3E-04	4	1.1E-04	1.92	0.1403

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.01177

Error: 0.0001 gl: 24

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
5	0.02	7	2.8E-03	A
3	0.02	7	2.8E-03	A
4	0.02	7	2.8E-03	A
2	0.02	7	2.8E-03	A
1	0.03	7	2.8E-03	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)**Variable dependiente: Firmeza**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Textura N	35	0.76	0.66	6.07

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	30.24	10	3.02	7.47	<0.0001
Tratamientos	1.25	4	0.31	0.77	0.5523
Bloque	28.99	6	4.83	11.94	<0.0001
Error	9.71	24	0.40		
Total	39.95	34			

Contrastes

Tratamientos	Contraste	SC	gl	CM	F	p-valor
Contraste1	-0.35	0.04	1	0.04	0.11	0.7475
Contraste2	-0.48	0.40	1	0.40	0.98	0.3318
Contraste3	0.33	0.19	1	0.19	0.47	0.4984
Contraste4	0.60	0.62	1	0.62	1.54	0.2266
Total		1.25	4	0.31	0.77	0.5523

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.00182

Error: 0.4047 gl: 24

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
3	10.14	7	0.24	A
1	10.40	7	0.24	A
4	10.54	7	0.24	A
2	10.61	7	0.24	A
5	10.68	7	0.24	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Variable dependiente: L

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
L	35	0.88	0.83	1.69

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	211.51	10	21.15	17.97	<0.0001
Tratamientos	6.95	4	1.74	1.48	0.2405
Bloque	204.56	6	34.09	28.97	<0.0001
Error	28.24	24	1.18		
Total	239.75	34			

Contrastes

Tratamientos	Contraste	SC	gl	CM	F	p-valor
Contraste1	1.44	0.73	1	0.73	0.62	0.4390
Contraste2	-0.24	0.10	1	0.10	0.08	0.7749
Contraste3	1.78	5.54	1	5.54	4.71	0.0401
Contraste4	-0.57	0.58	1	0.58	0.49	0.4904
Total		6.95	4	1.74	1.48	0.2405

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.95302

Error: 1.5382 gl: 24

trat	Medias	n	E.E.	
3	64.28	7	0.47	A
2	65.29	7	0.47	A
1	65.73	7	0.47	A
5	65.77	7	0.47	A
4	65.79	7	0.47	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Variable dependiente: chroma

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
chroma	35	0.79	0.71	1.90

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	203.48	10	20.35	9.19	<0.0001
Tratamientos	7.83	4	1.96	0.88	0.4883
Bloque	195.65	6	32.61	14.72	<0.0001
Error	53.16	24	2.21		
Total	256.64	34			

Contrastes

Tratamientos	Contraste	SC	gl	CM	F	p-valor
Contraste1	1.52	0.81	1	0.81	0.37	0.5513
Contraste2	1.67	4.90	1	4.90	2.21	0.1498
Contraste3	-1.03	1.84	1	1.84	0.83	0.3711
Contraste4	-0.40	0.28	1	0.28	0.13	0.7260
Total		7.83	4	1.96	0.88	0.4883

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=4.85014

Error: 9.4864 gl: 24

trat	Medias	n	E.E.	
5	78.28	7	1.16	A
1	79.15	7	1.16	A
4	80.20	7	1.16	A
3	80.56	7	1.16	A
2	81.98	7	1.16	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Variable dependiente: hue

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
hue	35	0.93	0.91	1.06

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	165.61	10	16.56	33.75	<0.0001
Tratamientos	12.15	4	3.04	6.19	0.0014
Bloque	153.46	6	25.58	52.12	<0.0001
Error	11.78	24	0.49		
Total	177.39	34			

Contrastes

Tratamientos	Contraste	SC	gl	CM	F	p-valor
Contraste1	5.42	10.28	1	10.28	20.94	0.0001
Contraste2	-0.30	0.16	1	0.16	0.32	0.5739
Contraste3	0.94	1.56	1	1.56	3.18	0.0872
Contraste4	-0.30	0.15	1	0.15	0.31	0.5819
Total		12.15	4	3.04	6.19	0.0014

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.39081

Error: 0.7801 gl: 24

trat	Medias	n	E.E.	
3	64.68	7	0.33	A
1	64.84	7	0.33	A
5	64.84	7	0.33	A
2	64.90	7	0.33	A
4	65.32	7	0.33	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

10.1.4. Análisis microbiológico de pedazos de calabaza Soler

Variable dependiente: Recuento aerobios

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Aerobios	35	0.55	0.37	15.39

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	6.22	10	0.62	2.97	0.0141
Bloque	5.54	6	0.92	4.41	0.0039
Tratamiento	0.68	4	0.17	0.81	0.5294
Error	5.03	24	0.21		
Total	11.24	34			

Contrastes

Tratamiento	Contraste	SC	gl	CM	F	p-valor
Contraste1	-0.36	0.05	1	0.05	0.22	0.6429
Contraste2	-0.10	0.02	1	0.02	0.08	0.7790
Contraste3	0.51	0.45	1	0.45	2.17	0.1538
Contraste4	0.31	0.16	1	0.16	0.78	0.3855
Total		0.68	4	0.17	0.81	0.5294

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.72070

Error: 0.2095 gl: 24

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
3	2.76	7	0.17	A
1	2.90	7	0.17	A
5	2.96	7	0.17	A
4	3.07	7	0.17	A
2	3.17	7	0.17	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Variable dependiente: Hongos y levaduras

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Hongo/lev	35	0.68	0.55	11.42

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3.53	10	0.35	5.09	0.0005
Bloque	3.40	6	0.57	8.18	0.0001
Tratamiento	0.13	4	0.03	0.46	0.7629
Error	1.66	24	0.07		
Total	5.19	34			

Contrastes

Tratamiento	Contraste	SC	gl	CM	F	p-valor
Contraste1	-0.59	0.12	1	0.12	1.75	0.1985
Contraste2	0.02	9.7E-04	1	9.7E-04	0.01	0.9067
Contraste3	1.5E-03	3.8E-06	1	3.8E-06	5.4E-05	0.9942
Contraste4	0.06	0.01	1	0.01	0.08	0.7735
Total		0.13	4	0.03	0.46	0.7629

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.41441

Error: 0.0693 gl: 24

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
1	2.19	7	0.10	A
4	2.31	7	0.10	A
3	2.32	7	0.10	A
5	2.34	7	0.10	A
2	2.35	7	0.10	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

10.1.5. Monitoreo de la concentración de O₂ y CO₂ dentro de los empaques (%)

Variable dependiente:CO₂

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Co2	42	0.78	0.70	32.77

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	700.06	11	63.64	9.61	<0.0001
Horas	399.72	2	199.86	30.17	<0.0001
Variedad	67.64	1	67.64	10.21	0.0033
Corrida	222.01	6	37.00	5.59	0.0005
Horas*Variedad	10.69	2	5.34	0.81	0.4558
Error	198.71	30	6.62		
Total	898.76	41			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.39808

Error: 6.6236 gl: 30

Horas	Medias	n	E.E.	
24	4.17	14	0.69	A
48	7.67	14	0.69	B
72	11.72	14	0.69	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.62206

Error: 6.6236 gl: 30

Variedad	Medias	n	E.E.	
Taina	6.59	21	0.56	A
Soler	9.12	21	0.56	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=4.18422

Error: 6.6236 gl: 30

Horas	Variedad	Medias	n	E.E.		
24	Taina	3.61	7	0.97	A	
24	Soler	4.73	7	0.97	A	
48	Taina	6.09	7	0.97	A	B
48	Soler	9.26	7	0.97	B	C
72	Taina	10.06	7	0.97	B	C
72	Soler	13.39	7	0.97		C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Variable dependiente: O₂

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
O ₂	42	0.68	0.56	69.78

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	876.78	11	79.71	5.81	0.0001
Horas	392.14	2	196.07	14.30	<0.0001
Variedad	200.21	1	200.21	14.60	0.0006
Corrida	266.02	6	44.34	3.23	0.0143
Horas*Variedad	18.40	2	9.20	0.67	0.5188
Error	411.47	30	13.72		
Total	1288.25	41			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=3.45082

Error: 13.7155 gl: 30

Horas	Medias	n	E.E.	
72	2.17	14	0.99	A
48	4.30	14	0.99	A
24	9.45	14	0.99	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.33413

Error: 13.7155 gl: 30

Variedad	Medias	n	E.E.	
Soler	3.12	21	0.81	A
Taina	7.49	21	0.81	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=6.02107

Error: 13.7155 gl: 30

Horas	Variedad	Medias	n	E.E.	
72	Soler	0.80	7	1.40	A
48	Soler	2.11	7	1.40	A
72	Taina	3.54	7	1.40	A
24	Soler	6.46	7	1.40	A B
48	Taina	6.49	7	1.40	A B
24	Taina	12.44	7	1.40	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

10.1.6. Aceptabilidad de los pedazos de calabazas Taína Dorada y Soler

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Puntuación	180	0.04	0.01	22.24

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	9.89	5	1.98	1.31	0.2621
Variedad	0.05	1	0.05	0.03	0.8559
Tratamiento	9.01	2	4.51	2.98	0.0533
Variedad*Tratamiento	0.83	2	0.42	0.28	0.7594
Error	262.97	174	1.51		
Total	272.86	179			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.35962

Error: 1.5113 gl: 174

Variedad	Medias	n	E.E.	
Soler	5.51	90	0.13	A
Taina	5.54	90	0.13	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.52682

Error: 1.5113 gl: 174

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Vacio	5.22	60	0.16	A
Control	5.63	60	0.16	A
No vacio	5.73	60	0.16	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.90630

Error: 1.5113 gl: 174

Variedad	Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Soler	Vacio	5.20	30	0.22	A
Taina	Vacio	5.23	30	0.22	A
Soler	Control	5.53	30	0.22	A
Taina	No vacio	5.67	30	0.22	A
Taina	Control	5.73	30	0.22	A
Soler	No vacio	5.80	30	0.22	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

10.2. Carta de exento de Comité para la Protección de los Seres Humanos en la Investigación (CPSHI)



Comité para la Protección de los Seres Humanos en la Investigación
CPSHI/IRB 00002053
Universidad de Puerto Rico – Recinto Universitario de Mayagüez
Decanato de Asuntos Académicos
Call Box 9000
Mayagüez, PR 00681-9000



25 de septiembre de 2013

Sa. Natasha Andón Sánchez
Ciencia y Tecnología de Alimentos
Colegio de Ciencias Agrícolas
Call Box 9000
Recinto Universitario de Mayagüez
Mayagüez, PR 00681-9000

Estimada Sa. Andón Sánchez:

Como presidente del Comité para la Protección de los Seres Humanos en la Investigación (CPSHI), he estudiado la documentación sometida para el proyecto titulado *Quality and Microbiological Changes in Minimally Processed Tropical Pumpkins Stored in Low-Density Polyethylene Bags* y determinado que, por limitarse la participación de los seres humanos a un estudio de percepción sensorial y además se toman medidas para evitar que personas alérgicas participen, su proyecto está exento, bajo la cláusula 45 CFR 46.101(b)(6) de todos los requisitos de la parte 45 CFR 46. En otras palabras, no requiere de nuestra aprobación para proceder.

Agradecemos su compromiso con los más altos estándares de protección de los seres humanos en la investigación. Quedamos de usted,

Atentamente,

Rosa F. Martínez Cruzado, Ph.D.
Presidente
CPSHI/IRB
UPR - RUM