

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE REFRIGERACIÓN Y CONGELACIÓN EN LAS  
CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS, MICROBIOLÓGICAS Y SENSORIALES  
DE UNA MEZCLA A BASE DE ÑAME (*Dioscorea alata L.*) CON DIFERENTES  
CONCENTRACIONES DE GOMA XANTÁN**

**Por**

**Melissa Carolina Cáceres Rayme**  
Tesis sometida en cumplimiento parcial de los requisitos para el grado de

**MAESTRO EN CIENCIAS**  
En  
**CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

**UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO**  
Recinto Universitario de Mayagüez

**2013**

**Aprobado por:**

---

**Edna Negrón, Ph.D.**  
Presidente, Comité Graduado

---

**Fecha**

---

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

---

**Fecha**

---

**Fernando Pérez Muñoz, Ph.D.**  
Miembro, Comité Graduado

---

**Fecha**

---

**John Fernández Vancleve, Ph.D.**  
Representante de Estudios Graduados

---

**Fecha**

---

**Edna Negrón, Ph. D.**  
Coordinadora  
Programa de Ciencia y Tecnología de Alimentos

---

**Fecha**

## ABSTRACT

The effect of refrigeration and freezing in the physicochemical, microbiological and sensorial properties of a batter based in yam (*Dioscorea alata L.*) was evaluated. For this purpose, three treatments of a yam batter Florido variety with three different xanthan gum concentrations (0, 0.15 y 0.30%) were produced. The batter was frozen before being thawed for 0, 30, 60 and 90 days to evaluate their physicochemical properties and various microbiological analysis were performed at 0, 1, 4, 7 and 10 days of refrigeration. Also, cupcakes were baked with thawed mixture and evaluated the height and texture of the cupcakes. Moreover, simple ranking sensory tests were performed with thawed moisture at 0, 30, 60 and 90 days.

The pH and  $a_w$  values declined slightly during refrigerated storage. Moreover, there was no significant difference ( $P>0.05$ ) under frozen storage. The color parameters decreased slightly under refrigerated storage but remained the same in comparison to frozen storage (parameter  $L^*$  from 68.13 to 68.53, parameter  $a^*$  from 4.05 to 4.56 y parameter  $b^*$  from 28.24 to 28.76). Also, the percent of moisture, ash and carbohydrate were slightly distinct in the different treatments, although this difference is very small (moisture from 69.39% to 71.25%, ash from 6.02% to 6.45% y carbohydrate from 10.98% to 13.99%). Syneresis percentage and water capacity retention were significantly different in the three treatments, so that, as the concentration of xanthan gum increased, less syneresis was observed and higher percentage of water retention capacity. Acid values decreased slightly during refrigerated storage (from 0.02 to 0.05), but remained equal in frozen storage. It showed a slight increase in growth of aerobic and lactic acid bacteria in refrigerated storage, where no significant differences ( $P> 0.05$ ) in frozen storage were observed. The height of the cupcakes was greater at higher concentration. The texture of cupcakes was not significantly affected by frozen and refrigeration storage of the different treatments ( $P>0.05$ ). In sensory analysis, the panelist did not found a significant difference in preference with baked cupcakes.

## RESUMEN

En esta investigación de tesis, se evaluó el efecto de refrigeración y congelación en las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales de una mezcla a base de ñame (*Dioscorea alata L.*). Para esto, se elaboraron tres tratamientos de mezcla cada uno con diferente concentración de goma xantán (0%, 0.15% y 0.30%). La mezcla fue congelada y luego descongelada a los 0, 30, 60 y 90 días. Se evaluaron sus propiedades fisicoquímicas y se hicieron análisis microbiológicos a los 0, 1, 4, 7 y 10 días de almacenamiento refrigerado. Se elaboraron bizcochitos horneados con la mezcla descongelada y refrigerada, y se evaluó la altura y textura de los mismos. También, se realizaron pruebas sensoriales de preferencia de ordenamiento simple con los bizcochitos elaborados con las mezclas descongeladas a los 0, 30, 60 y 90 días para determinar la preferencia de los panelistas.

Los valores de pH y  $a_w$  descendieron levemente bajo almacenamiento refrigerado. Adicionalmente, no se observaron diferencias significativas ( $P>0.05$ ) bajo almacenamiento congelado. Los parámetros de color descendieron levemente bajo almacenamiento refrigerado pero se mantuvieron iguales al almacenamiento congelado (parámetro  $L^*$  desde 68.13 a 68.53, parámetro  $a^*$  desde 4.05 a 4.56 y parámetro  $b^*$  desde 28.24 a 28.76). Los porcentajes de humedad, ceniza y carbohidratos fueron levemente distintos en los diferentes tratamientos (humedad desde 69.39% a 71.25%, ceniza desde 6.02% a 6.45% y carbohidratos desde 10.98% a 13.99%). Además, los porcentajes de sinéresis y capacidad de retención de agua en los tratamientos fueron significativamente diferentes, a mayor concentración de goma se observó un menor porcentaje de sinéresis y mayor capacidad de retención de agua. Los valores de índice de acidez de grasa descendieron levemente bajo almacenamiento refrigerado (desde 0.02 a 0.05), pero se mantuvieron iguales en el almacenamiento congelado. Se evidenció un leve aumento en el conteo de microorganismos aerobios y bacterias ácido lácticas en el almacenamiento refrigerado, pero no hubo diferencias significativas ( $P>0.05$ ) en el almacenamiento congelado. La altura de los bizcochitos aumentó a mayor concentración de goma utilizada. La textura de los bizcochitos horneados no se vio significativamente afectada por los procesos de refrigeración y congelación, ni por los diferentes tratamientos ( $P>0.05$ ). Los panelistas no encontraron diferencia significativa en la preferencia de los bizcochitos horneados en las pruebas sensoriales.

**Derechos de Autor Reservados ©  
Melissa Carolina Cáceres Rayme  
2013**

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer a Dios por darme las fuerzas, ayuda y guía necesaria en todo momento de mi vida.

Agradezco a mi madre Aydeé Rayme Palacios y a mi hermana Lisette Cáceres Rayme porque aún en la distancia siempre conté con su cuidado, cariño, apoyo y ánimos necesarios.

Quiero agradecer a mi esposo Jorge Dueñas Puma, por su motivación, ayuda, apoyo y paciencia al enfrentar todos los retos que afronte en la realización de la investigación.

A los profesores miembros de mi comité por sus consejos, ayuda, apoyo y paciencia durante el desarrollo de la tesis.

A la Doctora Ivelisse Padilla y la Profesora Verónica Sánchez por darme la confianza de trabajar en el Departamento de Química les estoy muy agradecida.

Al Señor Luis Ayala por permitirme trabajar en la sala de preparaciones y por la ayuda proporcionada.

A la profesora Aixa Rivera le agradezco el instrumento prestado y sus consejos.

A mis compañeros, estudiantes subgraduados y graduados, profesores, personal que labora en el programa de Ciencia y Tecnología de Alimentos, a los conserjes y personal que labora en el departamento de Química y a toda persona que participó de mis paneles sensoriales, les agradezco su ayuda y apoyo en la tesis.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1 INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Justificación .....	1
1.2 Objetivos .....	4
<b>2 REVISIÓN LITERARIA .....</b>	<b>5</b>
2.1 El ñame .....	5
2.2 Refrigeración y congelación de alimentos .....	8
2.3 Largo de vida útil .....	11
2.4 Aditivos de alimentos .....	12
2.4.1 Ácido ascórbico .....	13
2.4.2 Sorbato de potasio .....	14
2.4.3 Goma xantán .....	15
2.5 Características del producto .....	16
2.5.1 Color .....	16
2.5.2 Textura .....	17
2.5.3 Oxidación de grasas .....	19
2.5.4 Potencial de hidrogeniones (pH) .....	20
2.5.5 Actividad de agua ( $a_w$ ) .....	21
2.5.6 Capacidad de retención de agua (CRA) .....	22
2.5.7 Sinéresis .....	23
2.5.8 Prueba sensorial de preferencia .....	23
<b>3 MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>24</b>
3.1 Obtención de la materia prima .....	24
3.2 Elaboración de la mezcla a base de ñame .....	24
3.2.1 Limpieza y desinfección .....	24
3.2.2 Procesamiento .....	25
3.3 Preparación de los bizcochitos horneados .....	25
3.4 Formulación de la mezcla a base de ñame .....	27
3.5 Diseño experimental .....	27
3.6 Evaluación a la mezcla .....	28

3.6.1 Análisis fisicoquímico de la mezcla .....	28
3.6.1.1 pH.....	28
3.6.1.2 Actividad de agua .....	28
3.6.1.3 Color .....	28
3.6.1.4 Análisis proximal.....	29
3.6.1.4.1 Determinación de la humedad .....	29
3.6.1.4.2 Determinación de cenizas .....	30
3.6.1.4.3 Determinación de protein bruta .....	30
3.6.1.4.4 Determinación de grasa cruda.....	31
3.6.1.4.5 Determinación de carbohidratos .....	32
3.6.1.5 Sinéresis .....	32
3.6.1.6 Capacidad de retención de agua (CRA).....	33
3.6.1.7 Índice de valor de acidez.....	33
3.6.1.7.1 Separación de la grasa.....	33
3.6.1.7.2 Determinación del índice de valor de acidez .....	33
3.6.1.8 Análisis microbiológico a la mezcla.....	34
3.6.1.8.1 Recuento de microorganismos aerobios .....	35
3.6.1.8. 2 Recuento de bacterias ácido lácticas.....	35
3.6.1.8.3 Recuento de coliformes.....	35
3.6.1.8.4 Recuento de hongos y levaduras.....	36
3.7 Análisis a los bizcochito .....	36
3.7.1 Altura .....	36
3.7.2 Textura.....	36
3.7.3 Análisis sensorial .....	38
3.8 Análisis estadístico.....	38
<b>4 DISCUSIÓN Y RESULTADOS .....</b>	<b>39</b>
4.1 Evaluación a la mezcla.....	39
4.1.1 pH.....	39
4.1.2 $a_w$ .....	41
4.1.3 Color .....	43
4.1.4 Análisis proximal.....	47

4.1.5 Sinéresis .....	48
4.1.6 Capacidad de retención de agua (CRA).....	50
4.1.7 Índice de valor de acidez de grasa .....	52
4.1.8 Análisis microbiológico .....	53
4.1.8.1 Recuento de microorganismos aerobios .....	53
4.1.8.2 Recuento de bacterias ácido lácticas.....	55
4.1.8.3 Recuento de coliformes .....	56
4.1.8.4 Recuento de hongos .....	56
4.1.8.5 Recuento de levaduras .....	57
4.2 Evaluación a los bizcochitos.....	59
4.2.1 Altura .....	59
4.2.2 Textura .....	61
4.2.3 Análisis sensorial .....	68
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>69</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>70</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>71</b>
<b>APÉNDICE .....</b>	<b>78</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Planta de ñame.....	5
Figura 2. Tubérculo de ñame .....	5
Figura 3. Planta de <i>Dioscorea alata L</i> .....	6
Figura 4. Tubérculo de <i>Dioscorea alata L</i> .....	6
Figura 5. Ácido ascórbico (E300).....	13
Figura 6. Sorbato de potasio .....	14
Figura 7. Matiz, saturación y luminosidad de color según Munsell .....	17
Figura 8. Pruebas de dos ciclos de queso.....	18
Figura 9. Mecanismo de auto-oxidación de lípidos .....	20
Figura 10. Diagrama de flujo ilustrando el proceso de preparación, elaboración y muestreo de la mezcla y los bizcochitos de ñame.....	26

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Composición nutricional del ñame florido ( <i>Dioscorea alata L.</i> ).....	8
Cuadro 2. Formulación de la mezcla a base de ñame .....	27
Cuadro 3. Diseño experimental .....	28
Cuadro 4. Parámetros ajustados en el texturómetro.....	37
Cuadro 5. Valores de pH durante almacenamiento .....	40
Cuadro 6. Valores de Aw durante almacenamiento .....	42
Cuadro 7. Parámetros de color L* durante almacenamiento .....	44
Cuadro 8. Parámetros de color a* durante almacenamiento .....	45
Cuadro 9. Parámetros de color b* durante almacenamiento .....	46
Cuadro 10. Humedad, ceniza, grasa, proteína y carbohidratos .....	47
Cuadro 11. Valores de sinéresis (%) durante almacenamiento .....	49
Cuadro 12. Valores de capacidad de retención de agua (%) durante almacenamiento .....	51
Cuadro 13. Valores de índice de acidez de grasa durante almacenamiento .....	52
Cuadro 14. Número de microorganismos aerobios (log UFC/g) durante almacenamiento.....	54
Cuadro 15. Número de bacterias ácido lácticas (log UFC/g) durante almacenamiento .....	55
Cuadro 16. Número de hongos (log UFC/g) durante almacenamiento .....	57
Cuadro 17. Número de levaduras (log UFC/g) durante almacenamiento.....	58
Cuadro 18. Valores de altura (mm) durante almacenamiento .....	60
Cuadro 19. Valores de dureza durante almacenamiento.....	62
Cuadro 20. Valores de gomosidad durante almacenamiento.....	63
Cuadro 21. Valores de elasticidad durante almacenamiento .....	64
Cuadro 22. Valores de cohesividad durante almacenamiento .....	65
Cuadro 23. Valores de masticabilidad durante almacenamiento.....	66
Cuadro 24. Valores de resistencia durante almacenamiento .....	67
Cuadro 25. Valores de medias de Friedman durante almacenamiento.....	68

# 1 INTRODUCCIÓN

## 1.1. Justificación

El ñame florido (*Dioscorea alata L.*) es uno de los farináceos más ampliamente distribuidos en el mundo. Esta especie es originaria del sureste de Asia y de ahí se extendió a India, Malasia e Indonesia, África, Portugal, España y las zonas tropicales. Este farináceo crece óptimamente en ambientes tropicales, en climas cálidos, soleados y con mucha lluvia. También requiere un rango de temperatura óptima de 25-30 °C para un buen crecimiento ya que el mismo puede verse afectado si la temperatura es menor a 20 °C. La cantidad de lluvia necesaria oscila entre 120-200cm para el desarrollo adecuado de la planta (Peter, 2007).

La palabra ñame proviene de la palabra nyami que en lengua wolof (que se habla en Senegal, Gambia y Mauritania) significa “para comer” o yam en inglés que proviene del portugués inhame (Waizel, 2009).

En Puerto Rico, el consumo del ñame es muy variado. Generalmente se consume hervido, pero también se puede consumir majado o elaborar buñuelos de ñame con la adición de harina de trigo y sal. También, se puede obtener harina de ñame y utilizarlo en la elaboración de productos de panadería (Salazar & Marcano, 2011).

Este farináceo se produce y consume mucho en Puerto Rico. Los resultados del censo de agricultura para el año 2007 reportan que la isla presentaba 985 fincas destinadas a la producción de ñame, con una extensión total de 1,283 cuerdas y producción anual de 7,091,100 libras de ñame (NASS-USDA, 2007). Además, según la distribución de producción agrícola en orden de importancia económica para el año 2008-2009, el ñame ocupó la posición 28 y fue el tercer farináceo (antecedido primero por el plátano y luego por el guineo) de importancia económica en la isla, evidenciándose de esta manera la preferencia del ñame por los consumidores en el país (Departamento de Agricultura de Puerto Rico, 2008). Adicionalmente, el ñame contiene compuestos orgánicos y fenólicos que cumplen una función como antioxidantes en la prevención de enfermedades como el cáncer y de enfermedades cardiovasculares. También, contiene

saponinas esteroideas como la diosgenina importantes desde el punto de vista hormonal (Bhandari & Khawabata, 2004; Royero et al., 2007; Sharapin, 2000). Es por estas razones que se pretende darle a este farináceo un mayor valor agregado en la elaboración de este producto.

En los últimos años, el desarrollo de productos nuevos en la industria alimentaria a cobrado mayor auge ya que pretende cubrir las necesidades de los consumidores que buscan productos de mejor calidad, fáciles de obtener, manejar y preservar. Por esta razón, el presente trabajo busca elaborar una mezcla a base de ñame. Por otro lado, como los consumidores desean encontrar productos que sean nutritivos, de buen sabor, color, seguros y confiables, la industria de alimentos viene fomentando cada vez más el uso de aditivos como los preservantes y estabilizantes. Particularmente, los preservantes evitan la contaminación de bacterias, hongos y levaduras, retardan o previenen los cambios en color, sabor y textura, retardan la rancidez de los productos (especialmente los preservantes con propiedades antioxidantes), mientras que los estabilizantes mejoran la textura, sabor y apariencia de los alimentos (US-FDA, 2004).

Se adicionó ácido ascórbico y sorbato de potasio a la mezcla utilizada para mejorar la calidad del producto. El ácido ascórbico actúa como antioxidante y el sorbato de potasio inhibe el crecimiento de hongos y levaduras. También, se añadió goma xantán como estabilizante en diferentes concentraciones (0%, 0.15% y 0.30%) para darle mejor textura y apariencia al producto.

En la década de 1990 la FDA (Administración de Drogas y Alimentos) declaró que las frutas y verduras congeladas tienen sus perfiles nutricionales iguales a los productos frescos (Heredía et al., 2009). Este método comenzó a ganar popularidad en Estados Unidos a principio del siglo XX, cuando Clarence Birdseye trabajaba cerca del Ártico y observó los peces que fueron congelados después de ser atrapados. Cuando se descongelaba y se comía, estos peces todavía tenía sus características frescas. Birdseye organizó su propia compañía en 1922 (Birdseye Seafoods, Inc.) y comenzó a congelar y vender los filetes de pescado en Nueva York. En 1934, se desarrolló vitrinas para supermercados a bajas temperaturas. Para entonces ya era común congelar carnes, pescado, ostras, verduras y frutas. En 1944, se desarrolló la idea de vagones aislados para transportar sus productos alrededor de los Estados Unidos, y de esa

manera ganó popularidad la industria de alimentos congelados. En la década de 1940 los nuevos tipos de productos congelados fueron introducidos, incluyendo bizcochos de hojaldre, sopas, platos principales, papas para freír, comidas mexicanas, crema batida, empanadas de carne, mariscos y pizza. En la década de 1950 fueron introducidas las famosas comidas conocidas como cena de TV y se crearon los códigos de manipulación de alimentos congelados para proporcionar directrices sobre la producción y manipulación de alimentos congelados. En la década de 1960, se introdujo vegetales mixtos congelados.

La presente investigación desea evaluar el efecto de los procesos de congelación y refrigeración en el producto a base de ñame en las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales, considerando este proceso muy eficaz para la conservación de los alimentos. Además, establecer el largo de vida útil del mismo, considerando a este proceso de conservación adecuado para la preservación del producto en óptimas condiciones y para su consumo en un tiempo establecido. Por tal razón, el presente estudio busca proveer información importante y para incentivar la innovación, elaboración e investigación de nuevos productos elaborados que se produzcan en la isla y a su vez aumentar el consumo de este farináceo en la isla y contribuir con la economía del país.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo General**

- Elaborar una mezcla a base de ñame (*Dioscorea alata L.*) y evaluar el efecto de refrigeración y congelación sobre el largo de vida útil, características fisicoquímicas y análisis sensorial del producto cuando es procesado.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Establecer la formulación a base de ñame (*Dioscorea alata L.*).
- Evaluar el efecto de la congelación y refrigeración en la mezcla mediante largo de vida útil, propiedades fisicoquímicas y análisis sensorial.
- Determinar el largo de vida útil a la mezcla descongelada y refrigerada por diez días.
- Determinar las propiedades fisicoquímicas de la mezcla descongelada y refrigerada.
- Elaborar bizcochitos horneados con la mezcla.
- Realizar pruebas de análisis sensorial de preferencia del producto horneado.

## 2 REVISIÓN LITERARIA

### 2.1. El ñame

Es un farináceo distribuido principalmente en regiones tropicales y subtropicales del mundo (Royero et al., 2007). Nigeria es el país en el que se observa mayor producción (Figura 1 y 2) seguido de Ghana y Costa de Marfil (FAOSTAT, 2010). El ñame es una planta que pertenece a la familia *Dioscoreaceae*, que se caracterizan por ser plantas trepadoras que presentan un tallo rizomatoso subterráneo que tiende a mantenerse perenne y tallos aéreos se enrollan ya sea a la derecha o a la izquierda dependiendo de la especie. Las hojas a menudo son opuestas en la base del tallo y alternas arriba, con varias nervaduras principales y nerviación secundaria reticulada. El tallo subterráneo se compone de un órgano llamado cormo, y es de ahí de donde salen los tallos aéreos, raíces y tubérculos. Los tubérculos son la parte utilizada como alimento y de importancia económica (León, 2000).

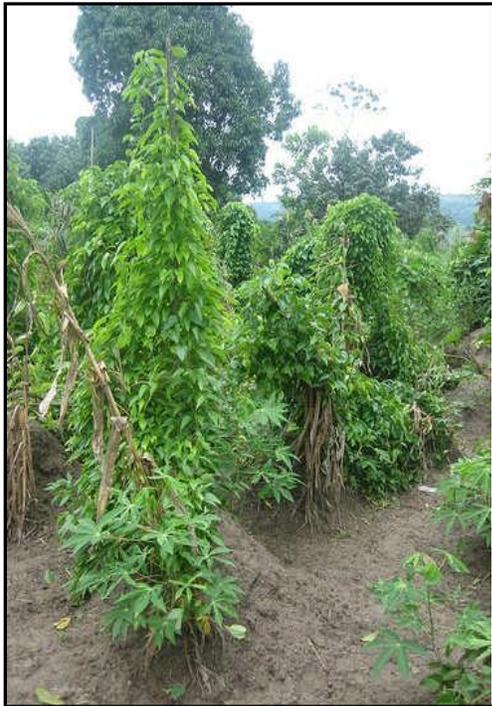
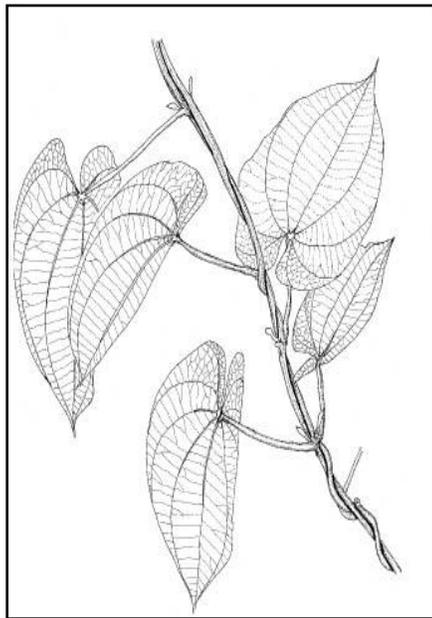


Figura 1. Planta de ñame (Osunde, 2008).

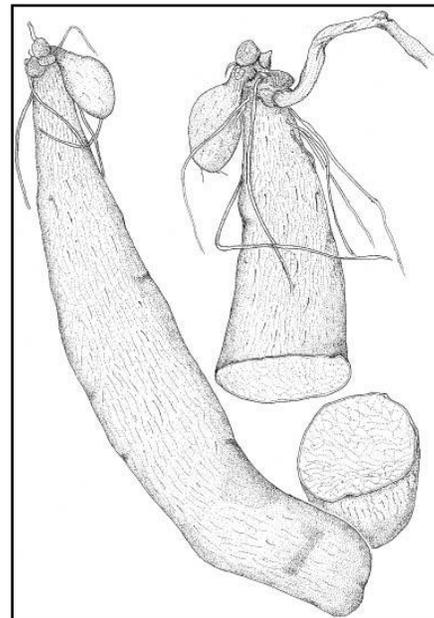


Figura 2. Tubérculo de ñame (Osunde, 2008).

El ñame florido, ñame de agua, ñame blanco o ñame grande (*Dioscorea alata* L.) es la especie de ñame más ampliamente distribuida. El tallo posee de cuatro o más ramas. La unión de las ramas con los pecíolos forman aurículas. El tallo es usualmente verde pero en algunas plantas de esta especie las ramas pueden ser de color púrpura o rojizas debido a los pigmentos de antocianinas presentes. Generalmente los tallos no presentan espinas, pero ocasionalmente los tallos muy largos pueden presentar espinas en la base. Las hojas tienen forma acorazonada alargada y de disposición opuesta. Generalmente hojas largas de color verde más claro que *D. rotundata*, aunque algunas plantas de esta especie presentan hojas con diferentes tonalidades de color púrpura. La forma de los tubérculos es extremadamente variable, aunque generalmente de forma cilíndrica. La parte interna del tubérculo es de color blanco o púrpura de textura acuosa. Algunos cultivos de *D. alata* poseen una capa delgada de fibras duras escleromatosas justo debajo de la cáscara del tubérculo. Esta capa es ausente en las otras especies de *Dioscorea*. Algunas plantas de esta especie generalmente no presentan flores, pero si las tuvieran presentarían inflorescencias masculinas en forma de panícula y las inflorescencias femeninas en forma de pequeñas panículas localizadas en el eje axial de las hojas (Onwueme & Charles, 1994) (Figura 3 y 4).



**Figura 3. Planta de *Dioscorea alata* L.**  
(Levot, 2008).



**Figura 4. Tubérculo de *Dioscorea alata* L.**  
(Levot, 2008).

El ñame florido (*Dioscorea alata L.*) se originó al sur este de Asia, después se expandió hasta Tailandia y Vietnam, al ser transportado por navegadores a través del Mar Chino. Luego, se formó un centro de origen secundario cerca a las islas de Celebes, y desde ahí se extendió hacia Nueva Guinea y Polinesia. Continuó dispersándose hacia el oeste atravesando la India hasta Pakistán (Purseglove, 1972). Más tarde, cuando los portugueses penetraron el océano Indico, conocieron del ñame por los marineros hindúes y malayos que lo utilizaban como provisión en viajes prolongados. En la actualidad *Dioscorea alata L.* es la especie de ñame más ampliamente distribuida en comparación con otras especies (Rodríguez, 2000; Onwueme, 1978).

El ñame proporciona una fuente moderada de energía por estar compuesto fundamentalmente de agua, carbohidratos y baja cantidad de proteína, fibra y grasa (Alvis et al., 2008) (Cuadro 1). También contiene aminoácidos (asparagina, treonina, serina, glucina, prolina, glicina, alanina, cisteína, valina, metionina, isoleucina, leucina, tirosina, fenilalanina, histidina, lisina, arginina y triftofano), minerales (sodio, magnesio, potasio, calcio, hierro, fósforo, zinc y níquel) (FAO, 1990; Huang et al., 2007; Kouakou et al., 2010), sapogeninas esteroidales (diosgenina, yamogenina, sarsapogenina, esmilagenina, tigogenina y neotigogenina) (Hata et al., 2003; Royero et al., 2007; Sharpain, 2000), componentes orgánicos (ácido succínico, ácido cítrico, ácido málico y ácido oxálico) y componentes fenólicos que cumplen un papel importante en la prevención de enfermedades humanas que envuelven radicales libres como el cáncer y enfermedades cardiovasculares (Bhandari & Khawawata, 2004).

**Cuadro 2. Composición nutricional del ñame florido (*Dioscorea alata* L). Onwueme, 1978.**

<b>Composición por 100 g</b>	<b><i>Dioscorea alata</i></b>
Humedad (g)	70
Fécula (g)	28
Azúcares (g)	0.5
Grasa (g)	0.1-0.3
Proteína bruta (g)	1.1-2.8
Fibra cruda (g)	0.6-1.4
Ceniza (g)	0.7-2.1
Vitamina C (mg)	5-8
Vitamina B <sub>1</sub> (mg)	0.09
Vitamina B <sub>2</sub> (mg)	0.03
Vitamina A (mg)	ND

## **2.2. Refrigeración y congelación de alimentos**

Los procesos de congelación y refrigeración son probablemente las formas más populares de conservación de alimentos usados en la actualidad. En el proceso de refrigeración el propósito es disminuir la actividad bacteriana para prolongar el largo de vida del producto, mientras que en el proceso de congelación la idea es detener la acción bacteriana por completo ya que las bacterias son congeladas y completamente inactivadas, con la excepción de unos pocos microorganismos que pueden sobrevivir a temperaturas bajo cero (Farid, 2010).

El proceso de congelación es considerado como un excelente método de conservación ya que es utilizado para preservar la calidad de los alimentos debido a que la congelación preserva el sabor, la textura, el valor nutricional de los alimentos, reduce o inhibe las reacciones químicas y enzimáticas propias del deterioro y detiene el crecimiento bacteriano (Badui, 1990; Erickson & Yen, 1997; Man & Jones, 2002; Sun, 2012).

Por tanto, el objetivo principal de la congelación de los alimentos, es la preservación de sus características organolépticas, contenido de nutrientes y al mismo tiempo asegurar la ausencia del crecimiento microbiano. Además, la gran ventaja de la congelación como método de preservación es su capacidad para lograr la estabilidad sin dañar la calidad inicial (Karel & Lund, 2003).

Sin embargo, el color del producto puede verse afectado por el proceso de congelación y descongelación, según lo demostraron los estudios de varios investigadores que observaron específicamente que los valores del parámetro de luminosidad ( $L^*$ ) se ven especialmente afectados. Las muestras congeladas y luego descongeladas se tornaron más oscuras. Así mismo, la dureza también se vio afectada, obteniéndose valores de dureza más bajos cuando el producto se descongeló toda la noche a  $4^{\circ}\text{C}$  en comparación con el descongelamiento por microondas (Álvarez et al., 2005).

Aún a temperaturas de refrigeración o congelación, se presentan algunas transformaciones que provocan una alteración indeseable. Esto se debe en gran medida a que los alimentos, por tener disueltas varias sustancias de bajo peso molecular, como sales y azúcares presentan zonas ricas en solutos. En estas condiciones, a pesar de la baja temperatura, pueden ocurrir muchas reacciones químicas tales como la desnaturalización de proteínas, oxidación de lípidos, hidrólisis de la sacarosa, oscurecimiento no enzimático, etc. Además, el congelamiento induce cambios estructurales en el agua, lo cual puede traer consigo pérdida de textura de las frutas y hortalizas. La rigidez de los tejidos frescos está determinada por la presión hidrostática dentro de la célula, y es la membrana la que retiene el agua y mantiene la frescura de estos productos. Los componentes de las membranas son complejos lipoproteínicos formados por enlaces relativamente débiles, como puentes de hidrógeno y que se alteran con facilidad. Los cambios de temperatura del medio en que se encuentran estas moléculas llegan a afectar básicamente las uniones no covalentes, lo que lleva consigo una desnaturalización de dichas lipoproteínas. La pérdida del agua retenida en las células, sobre todo durante el descongelamiento, ocasiona que los alimentos pierdan su rigidez y frescura, y su tejido se vuelva más suelto y suave. También, la velocidad de congelamiento es un factor determinante en la formación y localización de los cristales de hielo. Por ejemplo, cuando el congelamiento

se efectúa a una velocidad rápida se producen muchos cristales pequeños pero si se realiza de forma lenta induce la formación de cristales más grandes. Esto último, afecta más a la membrana celular de la planta ocasionando daño en el tejido y el producto se verá más afectado (Badui, 1990).

Cuando el agua de un alimento se congela (formación de hielo) ya no está disponible para los microorganismos, por lo que éstos ya no pueden crecer y echar a perder o descomponer la comida. Sin embargo, cuando el alimento se descongela, las bacterias se activan de nuevo y comienzan a crecer y en algunos casos crecen más rápidamente que antes de la congelación. Por tal razón, en estos casos se recomienda que los alimentos congelados deben estar fabricados en un ambiente limpio y siguiendo estrictamente las buenas prácticas de manufactura (GMP) (FAO/WHO, 1976; USFDA-CFSAN, 2003). Otro factor importante a considerar es el control de la temperatura durante la manufactura, transporte y venta al consumidor y evitar una posible contaminación (Heredia et al., 2009).

Los efectos de la congelación sobre los microorganismos difieren según su sensibilidad, por ejemplo, los organismos gram negativos como *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Vibrio*, *Serratia* y *Pseudomona* son más sensibles a la congelación y al almacenamiento congelado. Mientras que las bacterias gram positivas como *Listeria monocytogenes*, *Bacillus*, *Clostridium*, especies de *Lactobacillus* y levaduras son más resistentes a la congelación pero pueden ser metabólicamente dañados durante el almacenamiento en congelación y su posterior descongelamiento. Las esporas bacterianas y fúngicas, células vegetativas de cocos gram positivos tales como micrococos, estreptococos, estafilococos y enterotoxinas, y algunos virus demuestran supervivencia en prácticamente todas las condiciones de congelación y descongelación (Hui et al., 2004). Además, el crecimiento de los hongos es mucho más lento que el de la mayoría de las bacterias pero demuestran mayor supervivencia incluso bajo condiciones inadecuadas (Prats, 2008). También, algunas levaduras pueden soportar temperaturas bajas de congelación y debido a esta adaptación se les considera como microorganismos de importancia en la contaminación de alimentos congelados (Walker, 1998).

Por otro lado, las bacterias ácidolácticas inhiben el crecimiento de las bacterias patógenas y alterantes y su uso es tradicional en la industria láctea, en la industria cárnica y en productos de origen vegetal (Moreno, 2006). Las bacterias ácidolácticas son capaces de conservar su viabilidad aún bajo congelación (Whitehead et al., 1993).

Cabe mencionar que los coliformes son unos grupos de bacterias utilizados como indicadores de calidad sanitaria, es decir indicadores de contaminación o indicadores de malas prácticas de trabajo en la manipulación de los alimentos. El grupo de coliformes totales son conocidas por su capacidad de fermentar lactosa y producir gas. Dentro de este grupo a su vez se encuentran las bacterias coliformes fecales (*Escherichia coli*) que además de fermentar lactosa y producir gas son capaces de crecer a 44°C. Como su propio nombre lo dice son de origen fecal y se les relaciona con este tipo de contaminación. Por lo que es importante realizar el conteo de coliformes para evaluar la calidad de un producto (Olivas & Alarcón, 2004).

### **2.3.Largo de vida útil**

Largo de vida útil se define como el periodo de tiempo durante el cual el producto debe de mantener sus propiedades sensoriales, físicas, químicas, funcionales y microbiológicas deseadas, para lo cual debe de presentar una etiqueta con el contenido nutricional del mismo y el tiempo de almacenamiento recomendado (IFST, 1993). La evaluación del largo de vida útil de los alimentos es muy importante en la industria de alimentos, especialmente si se trata de productos altamente perecederos (ya sean vegetales, frutas, tubérculos y carnes) que son considerados así por su alto contenido de agua (en un rango de 60 a 95%) y la continua realización de procesos fisiológicos incluso su aceleración por ciertos factores externos como: alta temperatura, contaminación, humedad y daño mecánico, provocando un deterioro más rápido e irreversible en el producto (Skin & Robinson, 2001).

En términos generales, la vida útil también puede ser definida como la longitud finita de tiempo después de la producción (en algunos casos después de la maduración o envejecimiento) y empaque durante el cual el producto conserva su nivel de calidad requerida en condiciones de almacenamiento bien definidos. Este nivel de calidad permite que el producto sea aceptable para el consumo. Además, el largo de vida útil se puede determinar mediante los cambios que se

presenten en los indicadores de calidad ya sean estos químicos, físicos, biológicos y sensoriales. Estos indicadores se pueden medir mediante el uso de análisis instrumental; por ejemplo, los cambios de color en los alimentos podrían ser evaluados utilizando un espectrofotómetro o un colorímetro, el uso de este último proporciona información rápida sobre las características cromáticas del producto con menores problemas de preparación de la muestras. Por otro lado, reacciones oxidativas pueden ser monitoreadas por análisis de bajo costo (valor peróxido, valor de anisidina, índice de valor de acidez, prueba de ácido tiobarbitúrico entre otros) como también por pruebas más sofisticadas (como por ejemplo: oxidación a través de cromatografía de gases) según la disponibilidad de los recursos. Debido a que el deterioro de la mayoría de los alimentos es apreciable por el sentido de los consumidores la aplicación de pruebas sensoriales constituye una de las herramientas más apropiadas. Existen diferentes metodologías sensoriales que pueden ser aplicadas, entre éstas se encuentran las pruebas de preferencia que se llevan a cabo por los consumidores y requiere la selección de un gran número de personas. En este caso los datos obtenidos permiten la evaluación de las interacciones entre los alimentos y los consumidores, tales interacciones son en realidad el resultado de los atributos que afectan la preferencia del consumidor. En este contexto, el análisis de preferencia de los alimentos es una poderosa herramienta en estudios de vida útil (Nicoli, 2012).

## **2.4. Aditivos de Alimentos**

La adición de determinadas sustancias a los alimentos se practicaba en la antigüedad, sobre todo para mejorar la conservación; por ejemplo, la sal se añade a productos alimenticios perecederos, tales como carne y pescado desde épocas prehistóricas. Según el Comité de Protección de Alimentos del Consejo de Alimentos y Nutrición, los aditivos alimentarios se definen como una sustancia o mezcla de sustancias distintas de un producto alimenticio que está presente en un alimento como resultado de cualquier aspecto de la producción, procesamiento, almacenamiento o envasado (Branen et al., 2001).

Además, la incorporación de estas sustancias en los alimentos contribuye a evitar o disminuir el crecimiento de microorganismos. Por ejemplo, la incorporación de sustancias ácidas en los alimentos retarda el crecimiento de microorganismos indeseables (principalmente bacterias) y aumenta la efectividad de conservadores como benzoatos y sorbatos (García et al., 2004).

Según la Organización Conjunta para la Agricultura / La Organización Mundial de la Salud (FAO / OMS), los aditivos alimentarios se definen como sustancias no nutritivas que se añaden intencionadamente sobre todo en pequeñas cantidades, con el objetivo de mejoramiento de la apariencia, sabor, gusto, composición, o tiempo de conservación de los alimentos (Sikorski, 2006).

### 2.4.1. Ácido Ascórbico

El ácido ascórbico o vitamina C es un preservante muy utilizado en la industria de alimentos por sus propiedades antioxidantes y por evitar el pardeamiento enzimático (Fennema, 1996). Además, a diferencia de otras vitaminas el hombre no sintetiza la vitamina C por lo que requiere consumirse a diario (Badui, 1990).

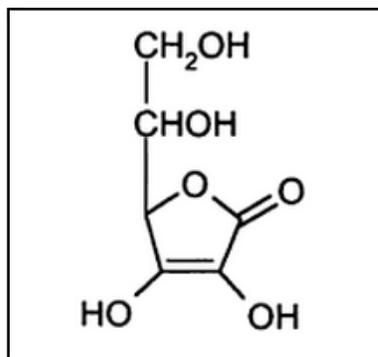


Figura 5. Ácido ascórbico (E300). Cubero et al., 2002.

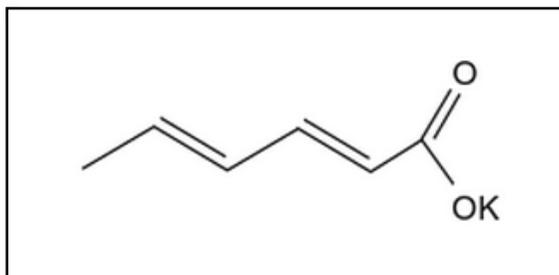
Es un preservativo soluble en agua y se puede romper fácilmente. La vitamina C puede actuar como un antioxidante sinérgico. Este tipo de antioxidante es principalmente un eliminador de oxígeno que opera por una serie de mecanismos que incluyen la regeneración de

antioxidantes primarios mediante la donación de átomos de hidrógeno a los radicales fenoxil o proveer un ambiente ácido más estable para otros antioxidantes (Stanley, 2004; Eskin & Robinson, 2001). Además, está incluido dentro de los preservantes GRAS (generalmente reconocido como seguro) (Food & Drugs, 1991).

El ácido ascórbico (E300), contribuye a evitar el oscurecimiento en las frutas cortadas a trozos. También suele utilizarse en conservas enlatadas o embotelladas para reducir el oxígeno del espacio de la cabeza o tapa (Cubero et al., 2002).

### 2.4.2. Sorbato de Potasio

Es una sal de ácido graso polinsaturado (Quellen, 2008). Además, es un preservativo reconocido generalmente como seguro (GRAS) para su uso según las regulaciones de la Administración de Drogas y Alimentos (FDA). A bajas concentraciones este aditivo de alimentos son efectivos como preservativos para el control e inhibición de hongos y levaduras en productos de quesos, productos de panadería, jugos, frutas frescas, vegetales, vinos, carnes y pescados (Rietscher & Fowler, 2008).



**Figura 6. Sorbato de Potasio. Quellen, 2008.**

Sorbato de potasio es un aditivo preferentemente elegido en la industria de alimentos por su gran solubilidad en agua. También está incluido dentro de los preservativos GRAS por ser fácilmente metabolizado y relativamente no tóxico (Pearson & Gillett, 1999; Food & Drugs, 1991).

Estudios demostraron que añadir sorbato de potasio a una concentración de 0.3% en productos de panadería es más efectivo a una actividad de agua de 0.960 y pH de 4.5, demostrando de esta manera que la acidez y la actividad de agua juegan un papel importante en la efectividad del sorbato de potasio (Suhr & Nielsen, 2004).

### **2.4.3. Goma Xantán**

Es un polisacárido extracelular secretado por un microorganismo llamado: *Xhantomonas campestris*. Este tipo de goma es muy soluble en agua y tiene una excelente estabilidad sobre diferentes rangos de pH y temperatura. Por ser un polisacárido es resistente a la degradación enzimática. Además, las soluciones tienen una excelente estabilidad a bajos valores de pH en largos períodos de tiempo. La goma xantán mejora el volumen, textura (especialmente la suavidad) y retención de humedad en masas refrigeradas (Phillips & Williams, 2000).

Álvarez et al., 2009, investigaron como incrementar la estabilidad del puré de papas congelado mediante la incorporación de gomas como estabilizantes (kappa-carragenina y xantán) y obtuvieron que la goma kappa-carragenina proveyó una textura apropiada al producto mientras que la goma xantán impartió cremosidad e influenció adecuadamente en el color, capacidad de retención de agua y aceptabilidad del producto (Álvarez et al., 2009).

Otros investigadores evaluaron el efecto de dos estabilizantes (goma xantán y goma locus bean) en purés de maíz, papa y arroz y lograron mejorar la estabilidad después de procesos de congelación y descongelación y reducir significativamente la sinéresis de los purés (Arocas et al., 2009).

En un estudio acerca de la optimización de la textura de puré de patata fresco y congelado con la adición de crioprotectores y estabilizantes (carragenatos y goma xantán), se observó que la goma xantán obtuvo la mayor preferencia debido a su gran potencial para mejorar la textura, color y sabor del producto expuesto a congelación y luego a descongelación (Fernández, 2008).

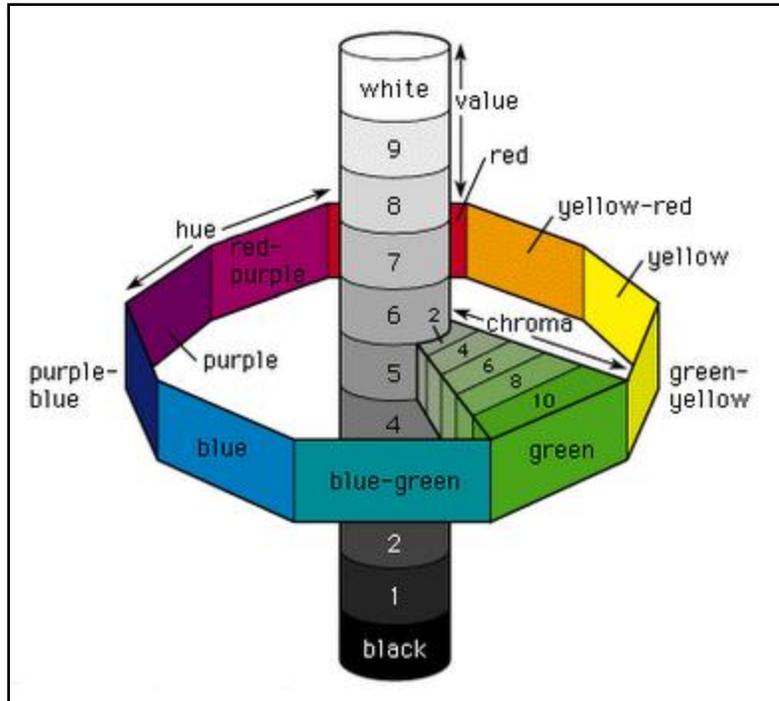
## **2.5. Características del producto**

### **2.5.1. Color**

El color es uno de los atributos que permite determinar la calidad de un alimento. El color en algunas ocasiones es indicativo de madurez, deterioro o contaminación del producto. Algunos fenómenos como: pardeamiento enzimático o reacción de Maillard pueden afectar el color del producto, por tanto es necesario evitar reacciones indeseadas o controlarlas con el uso de antioxidantes (Parker, 2003).

El color es una de las características que más atrae a los consumidores en el momento de comprar los productos y también afecta la percepción de los alimentos. El color puede ser definido como la distribución de la energía de la luz reflejada o transmitida a través de un objeto particular. Frecuentemente, el color es medido usando las escalas estándares de CIE (Comisión Internacional de l'Eclariage) (Erickson & Yen, 1997).

En la industria de alimentos, las escalas comúnmente usadas son Hunter L, a y b ó CIE L\*, a\* y b\*. El parámetro L que representa luminosidad, con valores de 0 (negro) a 100 (blanco), el parámetro ( $\pm a$ ) que representa el grado de tonalidad de rojo (+a) y verde (-a), y el parámetro ( $\pm b$ ) que representa el grado de tonalidad de amarillo (+b) y azul (-b). Estas medidas de color corresponden a la evaluación visual del color por medio de instrumentos como el colorímetro o espectrofotómetro. Sin embargo, la percepción humana se realiza mediante sistema de color de Münsell con los parámetros: matiz, saturación y luminosidad. Además se puede calcular estos valores de percepción humana a partir de los valores instrumentales. El parámetro matiz (hue) describe el ángulo (en grados y radianes) en la rueda de color, que describe la sensación visual del color del largo de onda predominante el cual determina el color que se percibe (rojo, verde, azul, etc.), el parámetro saturación (chroma) describe la intensidad de la fuerza del color con respecto a la cantidad de luz y el valor de luminosidad (value) indica la reflectancia total de la luz que va desde la claridad hasta la oscuridad (Figura 7) (Erickson, 1997; Potter & Hotchkiss, 1998).

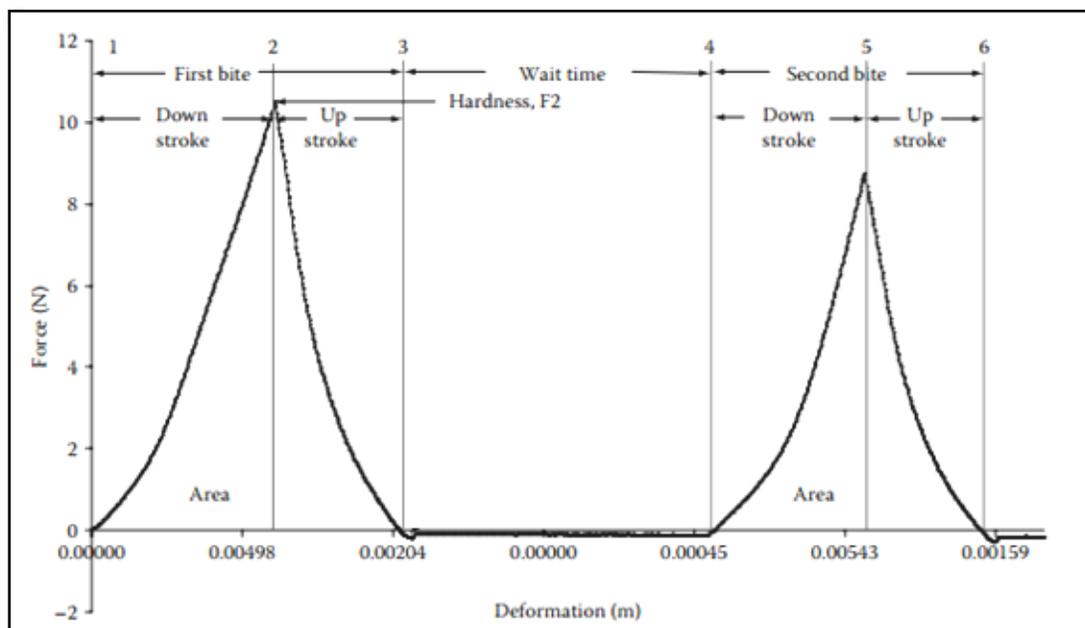


**Figura 7. Matiz, saturación y luminosidad de color según Munsell. Encyclopedia Britannica, 1994.**

### 2.5.2. Textura

La Organización Internacional para la Estandarización define la textura de los alimentos como la caracterización de los atributos reológicos y estructurales (geométrica y superficial) por medio de la mecánica táctil. Hay una gran variedad de características estructurales como: la dureza, fracturabilidad, adhesividad, elasticidad, cohesividad, gomosidad, pegajosidad y resistencia. La textura de los alimentos es evaluada usando métodos sensoriales e instrumentales. La evaluación sensorial ha sido una herramienta útil en la caracterización de la textura de los alimentos ya que los seres humanos son especialmente sensibles en la identificación de las diferencias de textura entre dos muestras, mientras que los instrumentos pueden proporcionar rápidamente una medida cuantitativa. Debido a las limitaciones de costo y la variedad de alimentos, los métodos instrumentales son más utilizados que los métodos sensoriales para la evaluación de la textura (Nollet & Toldrá, 2010).

El texturómetro es un instrumento utilizado para evaluar la textura de los alimentos. Dentro de los análisis que se pueden realizar con este instrumento está el análisis de perfil de textura o prueba de dos ciclos que imita la acción de masticar un alimento dos veces, en el cual un número de parámetros de textura se pueden extraer de la curva resultante de fuerza-tiempo. Para esta prueba se coloca sobre la base de la placa la muestra y luego se comprime y descomprime dos veces por un dispositivo conectado al instrumento a una velocidad y tiempo programado. Parámetros texturales tales como: dureza (fuerza máxima de la primera compresión que se determina con el valor del pico más alto de la primera curva del primera compresión), elasticidad (indica cuanto se recupera un producto en tamaño entre una compresión y otra), cohesividad (medida de cuán bien el producto aguanta la presión en una segunda compresión en comparación con la primera), entre otros (Figura 8) (Friedman et al., 1963; Szczesnaik, 1995; Nollet & Toldrá, 2010).



**Figura 8. Prueba de dos ciclos de queso. Nollet & Toldrá, 2010.**

### 2.5.3. Oxidación de grasas

Las reacciones oxidativas pueden disminuir la calidad nutricional de los alimentos y ciertos productos resultantes de la oxidación son potencialmente tóxicos que imparten sabores y olores desagradables. La oxidación lipídica es una de las causas principales de deterioro de los alimentos, es de gran interés económico para la industria alimentaria ya que permite determinar las características indeseables que hacen a los alimentos menos aceptables. Por otra parte, en ciertas condiciones, un grado limitado de oxidación de lípidos es a veces deseable, como en algunos quesos y alimentos fritos. El grado de deterioro depende del tipo de grasa, los que más fácilmente se afectan son los de origen marino, seguidos por los aceites vegetales y finalmente por las grasas animales (Fennema, 1996; Badui, 1990).

El término rancidez se usa para describir los diferentes mecanismos a través de los cuales se alteran los lípidos y se ha dividido en dos grupos. El primero, lipólisis o rancidez hidrolítica, engloba las reacciones catalizadas por enzimas lipolíticas (lipasas) que liberan ácidos grasos de los triacilglicéridos. La lipólisis es deseable en el caso de algunos quesos, por lo que se añaden algunos microorganismos con fuerte actividad lipolítica.

Un segundo mecanismo de oxidación es la autooxidación o rancidez oxidativa que es una de las reacciones más comunes de los alimentos que contienen grasas y otras sustancias insaturadas. Este mecanismo genera compuestos que mantienen y aceleran la reacción que le confieren el olor característico a las grasas oxidadas por la acción del oxígeno y de las lipogenasas sobre las insaturaciones de los ácidos grasos. La primera fase de este tipo de oxidación se conoce como fase de iniciación. Metales como el hierro y el cobre, aún en pequeñas cantidades, inician las reacciones de oxidación. Así mismo, las altas temperaturas pueden acelerar las reacciones de oxidación especialmente por encima de 60 °C. Cabe recalcar que aún las temperaturas de refrigeración e incluso congelación no necesariamente se inhiben la oxidación ya que la presencia de los catalizadores y la disponibilidad de los reactivos puede provocar que se lleve a cabo este proceso. La segunda etapa de propagación genera hidroperóxidos, que por ser muy reactivos, propician otras transformaciones, como su ruptura y la consecuente producción de nuevos radicales que alimentan la reacción. Finalmente, ocurre la

tercera fase de terminación, con la formación de compuestos más estables (Figura 9) (Fennema, 1996; Badui, 1990).

Iniciación	$RH$	$\longrightarrow$	$R' + H'$	Radical libre
Propagación	$R' + O_2$	$\longrightarrow$	$ROO'$	Radical hidroperóxido
	$ROO' + RH$	$\longrightarrow$	$R' + ROOH$	Hidroperóxido
Terminación	$R' + R'$	$\longrightarrow$	$RR$	Compuestos muy estables
	$R' + ROO'$	$\longrightarrow$	$ROOR$	
	$ROO' + ROOR +$	$\longrightarrow$	$ROOR + O_2$	
	$RO' + R'$	$\longrightarrow$	$ROR$	
	$2 RO' + 2 ROO'$	$\longrightarrow$	$2 ROOR + O_2$	

**Figura 9. Mecanismos de auto-oxidación de lípidos. Badui, 1990.**

Existen muchos métodos para determinar la oxidación de grasas, entre los principales métodos se encuentran: el valor de acidez de una grasa (ocurre cuando una grasa se oxida y libera ácidos grasos libres producto de la rancidez) y valor de peróxido (mide la formación de peróxidos como productos iniciales y transitorios de la oxidación). La desventaja de este último es que sólo aparecen al inicio de la oxidación. También se mide el valor de anisidina (determina la cantidad de aldehídos que reaccionan con p-anisidina y forman un cromógeno que se mide espectrofotométricamente). La Prueba de Ácido Tiobarbitúrico (TBA) mide un producto secundario de la oxidación de lípidos que es el malonaldehído. Sin embargo a menudo pueden ocurrir interferencias por lo que se requiere una cuidadosa destilación de la muestra (AOAC, 1990; Nielsen, 1998).

#### 2.5.4. Potencial de Hidrogeniones (pH)

El potencial de hidrogeniones simbolizado por pH, mide el grado de acidez o alcalinidad de una solución. A un pH menor a 7 indica acidez y a un pH mayor a 7 indica alcalinidad y un pH exactamente igual a 7 indica neutralidad (Pamplona, 2006).

El pH cumple un papel importante en el crecimiento de los microorganismos. Las bacterias suelen crecer mejor en valores cercanos a la neutralidad (por ejemplo pH de 6.6 a 7.5), mientras que los hongos pueden tolerar pH menores de 3.5 y se es común relacionarlos con contaminación de las frutas. Las levaduras pueden crecer a pH intermedios. La mayoría de los vegetales presentan valores de pH más altos, por lo tanto se les relaciona más con contaminación por bacterias que por hongos. Las levaduras y los hongos crecen a un rango de pH más amplio que las bacterias. El efecto del pH en los microorganismos a menudo se utiliza para la conservación de los alimentos, por ejemplo, para controlar la flora microbiana menos tolerante a los ácidos. Este es el caso de ciertas fermentaciones como la fabricación de quesos, leches ácidas, vegetales fermentados. En la industria de enlatados el uso de acidificación de los alimentos a pH inferiores a 4.6 impide el crecimiento de *Clostridium botulinum* y su producción de esporas (Barreiro & Sandoval, 2006; Jay et al., 2005).

Además, según un estudio acerca de la optimización y determinación del largo de vida útil de mezcla a base de calabaza (*Cucurbita moschata*), observó una disminución de los valores de pH tanto en almacenamiento a 4°C y a 7°C, oscilando el pH inicial entre 4.56 y 4.57 y disminuyendo a valores entre 4.11 y 4.14 para el último día de almacenamiento. Esta disminución del pH se debe en parte a la acumulación de desechos metabólicos que se producen cuando los microorganismos utilizan los nutrientes presentes en el alimento como carbohidratos, lípidos y proteínas (Navas, 2011).

### **2.5.5. Actividad de agua ( $a_w$ )**

Actividad de agua ( $a_w$ ) es la medida de agua disponible para el crecimiento de microorganismos y las reacciones químicas que la necesitan a mayor o menor grado. Los microorganismos requieren de medios acuosos para su crecimiento y reproducción (FAO, 1986).

En general, la mayoría de los hongos requieren actividad de agua superior a 0.70 para su crecimiento, aunque algunos hongos halofílicos pueden crecer a actividad de agua igual a 0.60. El valor representativo de la mayoría de las especies de hongos es de 0.80. La mayoría de las

especies de levaduras crece a valores superiores a los 0.88. En el caso de las bacterias, la mayoría crecen a valores superiores a 0.91. Las levaduras y los hongos crecen a un rango de actividad de agua más amplio que las bacterias. Por lo que el valor de actividad de agua de 0.60 es el límite de crecimiento de microorganismos en alimentos, por debajo de este valor ningún microorganismo se produce, aunque pueden quedar viables o en estado latente, los cereales y granos deshidratados normalmente tienen valores de actividad de agua inferiores a 0.65-0.70. Otros alimentos deshidratados como la leche en polvo y café tienen valores muy inferiores a esta cifra y por consiguiente son estables microbiológicamente (Barreiro & Sandoval, 2006; Jay et al., 2005).

El efecto de reducir los valores de actividad de agua permite disminuir la tasa de crecimiento y el tamaño de la población final. Este efecto se debe como resultado de que se ven afectadas las actividades metabólicas de los microorganismos al reducir el entorno acuoso del ambiente (Jay et al., 2005).

### **2.5.6. Capacidad de retención de agua (CRA)**

La capacidad de retención de agua es la cantidad de agua de una proteína o hidrato de carbono (macromoléculas en general) puede retener sin que haya liberación de líquido. Dicha capacidad depende de factores intrínsecos (tipo de polímero, peso molecular, linealidad, etc.) y de los factores extrínsecos (pH, fuerza iónica, temperatura, presencia de ciertos cationes, etc.) (Badui, 1990).

Capacidad de retención de agua se define como la capacidad de un producto para retener de manera firme su propia agua. La capacidad de retención de agua desempeña un papel importante desde el punto de vista sensorial ya que incide en la textura, color y apariencia del producto y desde el punto de vista nutricional puede originar pérdidas de agua, elementos minerales, vitaminas hidrosolubles, etc. (Hernández, 2010).

### **2.5.7. Sinéresis**

Se define como exudación o liberación de agua causada por un reacomodo de las macromoléculas, esto ocurre cuando las macromoléculas reaccionan entre sí y pierden su capacidad de retención de agua; lo que ocasiona que las moléculas de agua que ya no son retenidas se desprendan de la matriz del gel y emigren a la superficie (Badui, 1990).

Pérdida de agua de un producto o alimento es conocido como sinéresis, es decir, es la pérdida de agua que en el caso de un gel se da después de un determinado proceso ya sea de cocinado o enfriamiento que a su vez provoca un proceso de retrogradación (insolubilización y precipitación espontánea del almidón) (Vlacavik & Christian, 2008).

### **2.5.8. Prueba Sensorial de Preferencia**

Se emplea para determinar el grado de preferencia de un producto determinado por parte de los consumidores. Para estas pruebas se requiere de un grupo considerable de panelistas los cuales no necesariamente tienen que ser entrenados. Dentro de los tipos de pruebas de preferencia están: prueba de preferencia pareada (al panelista se le presenta dos muestras y se le pide cuál de las dos prefiere) y prueba de preferencia de ordenamiento (se le pide al panelista que ordene las muestras según el orden de preferencia) (Hernández, 2005; Meilgaard et al., 1999).

Las razones para llevar a cabo pruebas de preferencia son muchas entre las más importantes tenemos: mantenimiento de productos, optimización de productos, desarrollo de productos nuevos, evaluación potencial del mercado, revisión de la categoría del producto, apoyar a las demandas de la publicidad. Además, las pruebas de preferencia son necesarias en el desarrollo de productos nuevos, porque permiten evaluar un determinado prototipo, evaluar de mejor manera las características del producto nuevo y confirmar las características del producto que le confieren una ventaja esperada sobre la competencia (Meilgaard et al., 1999).

## **3 MATERIALES Y MÉTODOS**

### **3.1 Obtención de la materia prima**

Ñames variedad florido (*Dioscorea alata L.*) (APÉNDICE A1) y demás ingredientes necesarios para la formulación como: sal, cilantrillo, culantro, huevos (grado A), queso cheddar blanco y ajo, fueron adquiridos en comercios locales de la ciudad de Mayagüez. Se seleccionaron y verificaron que los materiales se encontraran en condiciones aceptables y adecuadas. En el caso de los tubérculos de ñames se seleccionó y eligió los que no tuvieran daños físicos ni mecánicos. En el caso de los huevos estuvieran limpios y no rotos o quebrados. Luego, fueron transportados a los laboratorios del Programa de CITA en el edificio Alfredo Ramírez de Arellano y Rossel donde fueron almacenados a temperatura de refrigeración por un período no mayor de 24 horas hasta su pronto procesamiento.

### **3.2 Elaboración de la mezcla a base de ñame**

#### **3.2.1 Limpieza y desinfección**

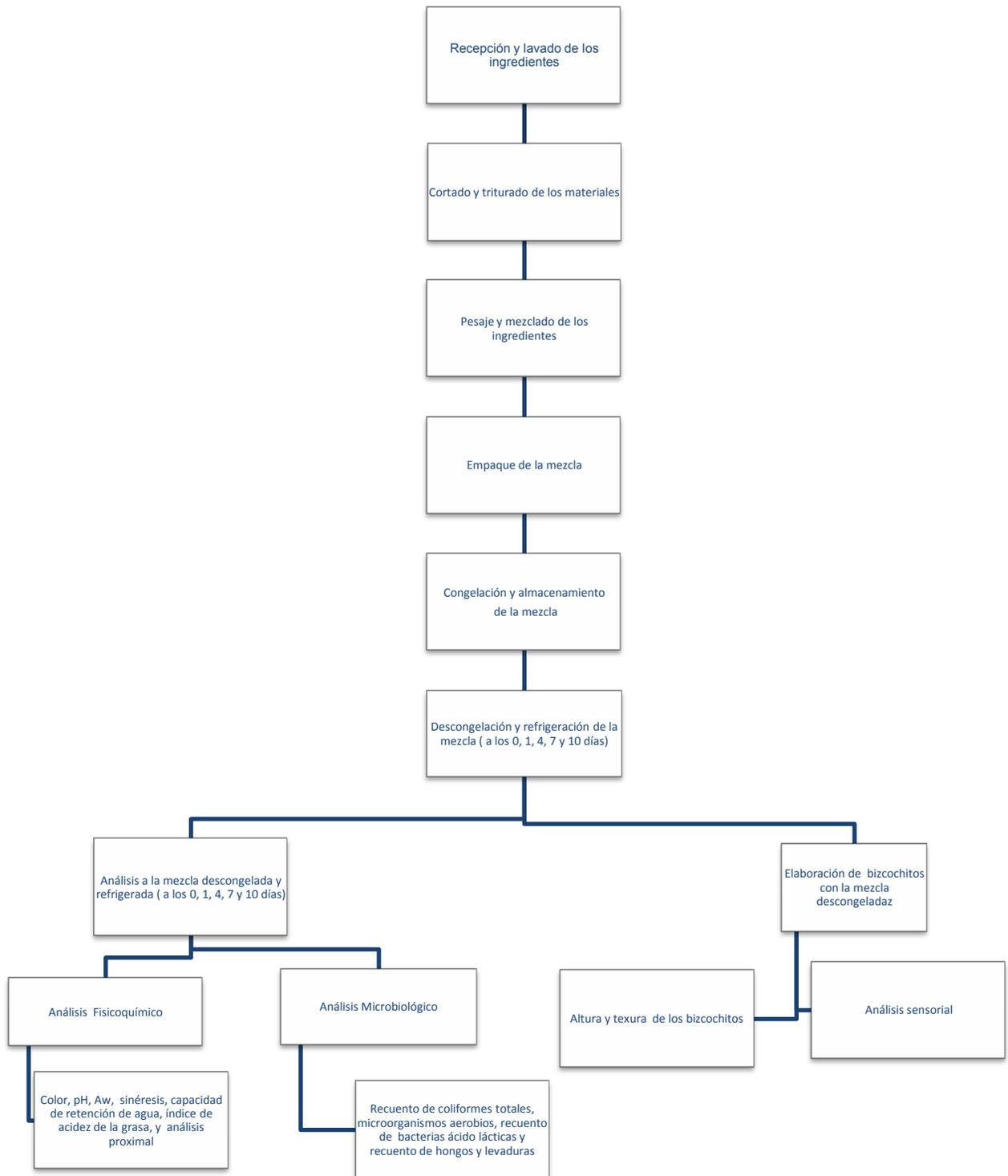
Primeramente se procedió a limpiar y desinfectar superficies, materiales y equipo utilizados en el procesamiento con solución de hipoclorito de sodio a una concentración de 200 ppm por un tiempo de contacto de 2 minutos a un pH de 6.5 s 7.5 para evitar corrosión y el pH fue ajustado utilizando solución de ácido clorhídrico (HCL) al 1% y se verificó con el metro de pH (pH meter AB15 Accumet Basic®) (Walker & La Grange, 1991; Parish et al., 2003). Después, se procedió a lavar los ñames con agua potable a presión y luego desinfectarlos con solución de hipoclorito de sodio a una concentración de 100-200 ppm durante 10 minutos por inmersión (Suslow, 1997) (APÉNDICE A2 y A3). Se cortaron las raíces de los cilantrillos, culantros y se pelaron los ajos, también se lavaron y desinfectaron cada producto por separado con solución de hipoclorito de sodio a una concentración de 120 ppm por 15 minutos por inmersión (Srebernish, 2007) (APÉNDICE A4).

### **3.2.2 Procesamiento**

Después, los ñames (pelados y cortados), cilantrillos, culantros y queso fueron desmenuzados en un procesador industrial (“Robot@Coupe modelo R6V”), cada ingrediente por separado a velocidad y el tiempo diferente dependiendo de la naturaleza y textura de cada ingrediente; por ejemplo, los ñames fueron expuestos inicialmente a velocidad baja por un minuto y luego se aumentó la velocidad a alta por otro minuto. Los cilantrillos y el culantro fueron procesados a velocidad media por dos minutos (APÉNDICE A5 y A6) y en el caso del queso inicialmente se procedió triturar a velocidad baja por un minuto y luego a velocidad alta por dos minutos hasta obtener el desmenuzado deseado (APÉNDICE A7). Por último, los ajos (lavados y pelados) fueron guayados en un rayador previamente desinfectado, la preparación de los materiales se llevó a cabo en condiciones asépticas y aplicando buenas prácticas de manufactura (GMP) (APÉNDICE A8). Una vez que todos los ingredientes ya estuvieron preparados (APÉNDICE A10) fueron pesados en una balanza digital Balanza (“Metler modelo PC16”) según la formulación de cada tratamiento y luego colocados en una mezcladora industrial (“marca Barco modelo M20”) y homogenizados por cinco minutos a una velocidad media (134rpm) (APÉNDICE A9). Finalmente, se colocó 454 gr (1 lb) de mezcla en bolsas de aluminio de capacidad de 16 oz y se sometió a proceso de congelación a una temperatura de -18°C (Figura 10) (APÉNDICE A11). Transcurrido el tiempo de congelación (0 días, 30 días, 60 días y 90 días), se sacaron las muestras del congelador y fueron colocadas a un refrigerador a una temperatura de 5°C para los análisis respectivos.

### **3.3 Preparación de los bizcochitos horneados**

Treinta gramos de mezcla de cada tratamiento fueron pesados en la balanza digital (“Sartorius”) y colocados en moldes para hornear, a los cuales se les dispersó previamente con aceite en spray. Luego, se procedió a cocer la mezcla en un horno convencional (“Vulcan”) por un periodo de 20 minutos a 375 °F (APÉNDICE C1).



**Figura 10. Diagrama de Flujo ilustrando el proceso de preparación, elaboración y muestreo de la mezcla y los bizcochitos de ñame**

### 3.4 Formulación de la mezcla a base de ñame

A continuación, la formulación utilizada para cada tratamiento se detalla en el Cuadro 2.

**Cuadro 3. Formulación de la mezcla a base de ñame (1 libra)**

Ingredientes	Cantidad T1 (gr)	Cantidad T 2 (gr)	Cantidad T3 (gr)
Ñame	269.80	269.40	269.00
Queso	53.96	53.88	53.80
Cilantro	2.03	2.02	2.02
Culantro	2.03	2.02	2.02
Ajo	2.70	2.70	2.69
Sal	2.70	2.70	2.69
Huevos	114.94	114.77	114.60
Ácido ascórbico	5.40	5.39	5.38
Goma	0	0.67	1.34
Sorbato de potasio	0.46	0.46	0.46

T 1= tratamiento 1 (goma 0%) (control)  
T2= tratamiento 2 (goma 0.15%)  
T3= tratamiento 3 (goma 0.30%)

### 3.5 Diseño experimental

Constó de tres tratamientos (tres diferentes porcentajes de goma xantán: 0%, 0.15% y 0.30%, considerándose la concentración 0% como el control). Luego, las muestras fueron congeladas por tres meses y se procedió a descongelarlas y refrigerarlas por 0, 30, 60 y 90 días para elaborar bizcochitos con los cuáles se realizaron pruebas sensoriales. Se evaluaron las características fisicoquímicas y microbiológicas a la mezcla refrigerada, se determinó la altura y textura a los bizcochitos a los 0, 1, 4, 7 y 10 días de descongelado y refrigerado, mediante muestreos aleatorios (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Diseño del experimental**

<b>Tiempo de congelación (días)</b>	<b>Tiempo de refrigeración (días)</b>	<b>Concentración de goma xantán (%)</b>
<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0 (control)</b>
<b>30</b>	<b>1</b>	<b>0.15</b>
<b>60</b>	<b>4</b>	<b>0.30</b>
<b>90</b>	<b>7</b>	
	<b>10</b>	

### **3.6 Evaluación a la mezcla**

#### **3.6.1 Análisis fisicoquímico a la mezcla**

##### **3.6.1.1 pH**

Las lecturas de pH se determinaron utilizando el instrumento “Sartorius Docu-pH Meter”, que fue previamente calibrado con soluciones amortiguadoras de pH 4.0, 7.0 y 10.0. Una muestra de 15 gramos de cada tratamiento fue seleccionada y se hicieron lecturas por triplicado (APÉNDICE B1).

##### **3.6.1.2 Actividad de agua**

La actividad de agua se determinó utilizando del equipo “Aqua Lab Decagon”, previamente calibrado con una solución de  $a_w$  de  $0.920 \pm 0.003$ . Se tomó una cantidad de muestra suficiente para llenar la mitad del recipiente plástico utilizado para tomar las medidas. Las lecturas se realizaron también por triplicado (APÉNDICE B2).

##### **3.6.1.3 Color**

El color se midió usando el colorímetro “HunterLab-MiniScan XE”, configurado para leer los parámetros  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  con un observador de  $10^\circ$  y un iluminante D65. El equipo se calibró con dos platos de porcelana, uno negro y uno blanco. Para la medición de color se colocó la mezcla en recipientes plásticos transparentes de lectura hasta que se llenó al tope todo el recipiente, luego se cubrió con una tapa transparente. Los parámetros que se determinaron fueron: el parámetro  $L^*$  que representa luminosidad, el mismo posee valores desde 100 para

blanco hasta 0 para negro. El parámetro  $a^*$  indica color desde más rojo hasta más verde (-a verde y +a rojo) y el parámetro  $b^*$  indica color desde más amarillo hasta más azul (-b azul y +b amarillo). Las lecturas se realizaron por triplicado.

### **3.6.1.4 Análisis proximal**

El análisis proximal a la mezcla se realizó únicamente a las muestras correspondientes al día 0 para cada tratamiento y por triplicado. Se realizaron tres réplicas.

#### **3.6.1.4.1 Determinación de la humedad (AOAC 925.10)**

Los crisoles rotulados se secaron a 100°C a 105°C en un horno convencional por 24 horas, luego se enfriaron en un desecador por 10 minutos y se pesaron. Después de volver a secar por una hora, se volvió a tomar los pesos y si la diferencia entre el primer peso y el segundo no era mayor de 20 mg se consideró el último peso. Luego, se taró el crisol y se pesó aproximadamente 5 gr de la muestra en una balanza “AG204, Mettler Toledo”, entonces nuevamente se colocó los crisoles pesados en horno “Isotemp Oven 200 Series, Fisher Scientific, USA” a una temperatura entre 100°C a 105°C por 24 horas. Transcurrido este tiempo se sacó el crisol y se dejó enfriar por 10 minutos en un desecador y se pesó, se volvió a colocar el crisol con la muestra seca en el horno por una hora se colocó en el desecador y se volvió a pesar, hasta obtener un peso constante y no mayor de 20mg. El muestreo se realizó por triplicado y el porcentaje de humedad se determinó mediante la diferencia del peso de muestra húmeda y muestra seca sobre el peso de muestra húmeda. Los cálculos se efectuaron con la siguiente fórmula:

$$\% \text{Humedad} = \frac{\text{Peso de muestra húmeda (gr)} - \text{Peso de muestra seca (gr)}}{\text{Peso de muestra húmeda (gr)}} \times 100 \quad (3.1)$$

### 3.6.1.4.2 Determinación de cenizas (AOAC 923.03)

Se pesaron los crisoles de porcelana limpios y secos con sus tapas. Luego, se agregaron 0.5g a 1.0g de muestra seca de muestra seca y se cubrió de inmediato. Se colocó el crisol en una mufla “Muffle Furnance, Isotemp, Fisher Scientific, USA” y se calentó paulatinamente hasta alcanzar 600 °C. Esta temperatura se mantuvo por espacio de 6 horas o hasta que la muestra haya perdido su coloración negruzca. Se apagó la mufla, se dejó que las muestras se enfriarán para luego ser colocados en un desecador por diez minutos y finalmente se pesaron. También, el muestreo se realizó por triplicado. El porcentaje de cenizas en base seca es igual a la razón de peso de las cenizas sobre el peso de la muestra seca. Se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{Cenizas B. S} = \frac{\text{Peso ceniza (gr)}}{\text{Peso de muestra seca (gr)}} \times 100 \quad (3.2)$$

$$\% \text{Cenizas B. H} = \frac{\text{Peso de ceniza (gr)}}{\text{Peso de muestra húmeda (gr)}} \quad (3.3)$$

### 3.6.1.4.3 Determinación de proteína bruta (AOAC 960.52)

Se pesó la muestra seca entre 0.120 y 0.150 g y fue transferido a un tubo de digestión (de 100 ml), luego se agregó 0.6 g (aproximadamente) de la mezcla catalizadora de sulfato de potasio ( $\text{K}_2\text{SO}_4$ ) y sulfato de cobre ( $\text{Cu}_2\text{SO}_4$ ) a cada tubo. En una campana de extracción se adicionaron 7 ml de ácido sulfúrico concentrado en cada tubo. Se colocaron los tubos en el bloque de digestión y se encendió. Se aumentó la temperatura en forma paulatina hasta alcanzar 350°C en aproximadamente 8 minutos, se mantuvo las muestras en proceso de digestión aproximadamente por 4 horas hasta que quedaron transparentes, después de ese tiempo se sacaron los tubos del bloque de digestión y se dejó enfriar dentro de la campana de extracción. A los tubos grandes (250ml) de digestión fríos se les adicionó 20 ml de agua destilada dos veces, después se transfirió la solución de los tubos de digestión a los tubos de destilación (tubos de 100 ml) asegurándose que la transferencia sea completa enjuagando el tubo con pequeños volúmenes de agua. Se encendió el destilador “Rapidstill II, Labconco, USA” y se colocó un matraz

conteniendo 25 ml de solución de ácido bórico 4% y 2 gotas de indicador rojo de metilo y azul de bromo cresol respectivamente en el tubo de salida del destilador, luego se colocó el tubo con la muestra en el lugar indicado del destilador y se cerró la tapa frontal de este. Una vez el baño de agua estuvo en ebullición constante, se presionó el botón del destilador y se añadieron 50 ml de NaOH de 40% al interior de los tubos grandes (250ml) preparados anteriormente. Inmediatamente se colocó el medidor de tiempo por 10 minutos, transcurrido este periodo de tiempo, se apagó el equipo y la solución indicadora de ácido bórico se tornó verde. Se sacó el matraz con el líquido destilado y se tituló con HCl 0.1N estandarizado, se anotó el volumen gastado y la normalidad de ácido utilizado. El color del indicador cambio de verde a gris-lila en el punto de equivalencia. El muestreo fue por triplicado y las fórmulas utilizadas fueron:

$$\%N = \frac{\text{Volumen HCl gastado en titulación (ml)} \times \text{Normalidad HCl} \times 14.01}{1000 \times \text{peso muestra seca (gr)}} \times 100 \quad (3.4)$$

$$\%PRO = \% N \times \text{factor de conversión (6.25 para vegetales)} \quad (3.5)$$

#### **3.6.1.4.4 Determinación de grasa cruda por el método AOCS Am 5-04 (American Oil Chemists's Society, 2005)**

Se rotularon las bolsas XT4 (Ankom Technology, USA) con un marcador indeleble resistente a solventes. Se pesó la bolsa y anotó el peso. Luego, la bolsa se colocó en un sostenedor de muestras y se vertió en ella la muestra húmeda (alrededor de 1 gr), la bolsa se cerró con la ayuda de un sellador "1915, Ankom Technology". Posteriormente, éstas fueron colocadas en un horno a 105°C por 3 horas. Se sacaron las muestras del horno y se colocaron en un desecador por 10 minutos. Después las muestras se colocaron en el espiral del equipo, el cual a su vez se colocó en la canasta del extractor, se añadieron 200 ml de éter de petróleo en el receptor y 150 ml en la canasta con las bolsas. Luego, se colocó la canasta con las muestras en el extractor de grasa "XT10, Ankom Technology, USA" y se ajustó el extractor a 90°C de extracción por 40 minutos. Luego, se colocaron las muestras en el horno por 30 minutos, después

fueron colocadas en el desecador por 10 minutos y se pesaron nuevamente. El porcentaje de grasa cruda en base húmeda es la diferencia del peso de la muestra húmeda menos el peso de la muestra después de la extracción sobre el peso de la muestra húmeda, según la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Grasa B. H} = \frac{\text{peso de la muestra húmeda} - \text{peso de la muestra después de extracción}}{\text{peso de la muestra húmeda}} \times 100 \quad (3.6)$$

$$\% \text{ Grasa B. S} = \frac{\% \text{ grasa B. H} \times 100}{(100 - \% \text{ humedad})} \quad (3.7)$$

#### **3.6.1.4.5 Determinación de carbohidratos**

Se determinó restando la suma de los valores de los porcentajes de proteína, grasa, humedad y ceniza del 100%.

#### **3.6.1.5 Sinéresis**

Se midió dejando reposar la muestra en papel filtro (Whatman 42) y este a su vez se colocó sobre beakers. Luego se retiró la muestra con la ayuda de una espátula metálica y se midió el agua que pasó por el filtro. El agua absorbida por el papel de filtro previamente pesado en un tiempo fijo de 15 minutos, antes de colocar la muestra y después de retirada la muestra se volvió a pesar el papel filtro y el vaso con el agua absorbida, entonces por diferencia de estos pesos se obtuvo el peso de la parte líquida liberada. Los pesos se realizaron en una balanza digital “Sartorius modelo ED4202S” (Arocas et al., 2009) (APÉNDICE B7). El porcentaje de sinéresis se expresó según la siguiente fórmula:

$$\% \text{ sinéresis} = \frac{\text{Peso parte líquida liberada (gr)}}{\text{Peso de muestra (gr)}} \times 100 \quad (3.8)$$

### **3.6.1.6 Capacidad de retención de agua (CRA)**

Inicialmente se obtuvo el peso de los tubos centrifuga vacíos (capacidad de 50 ml) pesándolos en una balanza digital “Sartorius modelo ED4202S”, luego se taró el tubo y se pesaron diez gramos de la muestra por triplicado dentro del tubo centrifuga de plástico en la misma balanza y se centrifugó en una centrifuga “Damon modelo IEC HV-SII” a 3000 RPM por 10 minutos, después se descartó el sobrenadante y se pesó el precipitado, el peso del sobrenadante se obtuvo restando el peso de la muestra menos el peso del precipitado (Vercet et al., 2002) (APÉNDICE B8 y B9). El porcentaje de capacidad de retención de agua se determinó mediante la fórmula:

$$\%CRA = \frac{\text{Peso del precipitado (gr)}}{\text{Peso de la muestra (gr)}} \times 100 \quad (3.9)$$

### **3.6.1.7 Índice de valor de acidez**

#### **3.6.1.7.1 Separación de la grasa**

Para la separación de la materia grasa se pesaron 25 gr de muestra en una balanza digital analítica “Sartorius modelo TE214S”, se agregó 40 ml de agua destilada y se homogenizó en un stomacher “Laboratory Blender Seward modelo 400” a velocidad media durante 2 minutos, luego se llevó a 40°C durante una hora con agitación constante en un incubator shaker “New Brunswick Scientific modelo C24”, transcurrido este tiempo se centrifugó a 3000 rpm durante 30 minutos se descartó el sobrenadante (Vasek et al., 2000) (APÉNDICE B3).

#### **3.6.1.7.2 Determinación del índice de valor de acidez de grasa (AOAC 969.17)**

Se taró un erlenmeyer de 250 ml de capacidad y se pesó entre 1 a 5 gr de la muestra en una balanza digital analítica “Sartorius TE214S”. Se añadieron 50 ml de alcohol isopropílico y se agitó vigorosamente para mezclar el alcohol con la muestra. Después, se añadieron 2 gotas de fenolftaleína como indicador y se tituló la muestra adicionando gota a gota hidróxido de sodio (NaOH) 0.1N valorado agitando vigorosamente hasta que cambie a una solución color rosa suave

que persista más o menos 15-30 segundos (APÉNDICE B4 y B5). El valor de acidez se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\%FFA(\text{free fatty acids}) = \frac{\text{Volumen gastado (L)} \times 0.1 \text{ mol/L} \times 40 \text{ gr/mol}}{\text{Peso de la muestra (gr)}} \times 100 \quad (3.10)$$

$$\text{Valor de acidez} = 0.09 \times \%FFA \quad (0.09 \text{ para ácido láctico}) \quad (3.11)$$

### 3.6.1.8 Análisis microbiológico a la mezcla

La detección de microorganismos en las muestras se llevó a cabo mediante el uso de los procedimientos establecidos por la técnica oficial del *Bacteriological Analytical Manual* (BAM-FDA, 2011). Se pesaron 25 g de muestra de cada tratamiento en una balanza digital “Sartorius modelo ED4202S”, luego la muestra fue transferida a una bolsa stomacher “Whirl-Pak™ Filter Bags for Homogenizer Blenders, Sterile, Nasco®” e inmediatamente después se añadieron 225 ml de agua peptonada DIFCO™ al 0.1% (Becton Dickinson and Company Sparks MD21152 USA). Las bolsas con las muestras se homogenizaron en un “Laboratory Blender Stomacher modelo 400®” por 2 minutos y se prepararon diluciones seriadas de 10<sup>-1</sup>-10<sup>-6</sup> para recuento de microorganismos aerobios, bacterias ácido lácticas, hongos y levaduras. Para recuento de coliformes se prepararon diluciones seriadas de 10<sup>-1</sup> y 10<sup>-2</sup>, utilizando pipetas estériles Fisherbrand® de 10ml de capacidad. Posteriormente se inoculó 1 ml de cada dilución por duplicado en platos petri estériles Fisherbrand® de 100 x 15mm de tamaño, con la ayuda de pipetas estériles Fisherbrand® de 1 ml de capacidad. Los resultados se reportaron como log UFC/g (Unidades Formadoras de Colonias/gramo). El muestreo de las muestras refrigeradas se realizó a los 0, 1, 4, 7 y 10 días para el recuento de microorganismos aerobios, bacterias ácido lácticas, hongos y levaduras. En el caso del recuento de coliformes el muestreo sólo se realizó el día cero de cada réplica (APÉNDICE B10).

### **3.6.1.8.1 Recuento de microorganismos aerobios**

Para el recuento de microorganismos aerobios se utilizó el medio de cultivo Plate count agar (PCA) (EMD Chemicals Inc. affiliate of Merck KGaA, USA). El sembrado se realizó mediante siembra en superficie por duplicado para cada dilución. Esta técnica básicamente consistió en que de cada una de las diluciones se transfirió 1 ml a platos petri estériles Fisherbrand® de 100 x 15mm de tamaño con medio preparado y solidificado. Se esparció la muestra con la ayuda de una espátula de drigalski al lado del mechero y se esperó de 2 a 3 minutos a que seque el inóculo. Finalmente, los platos fueron incubados invertidos a una temperatura de  $35 \pm 2^{\circ}\text{C}$  por  $48 \pm 2\text{h}$  en una incubadora “Isotemp Incubator, Fisher Scientific”.

### **3.6.1.8.2 Recuento de bacterias ácidolácticas**

El recuento de bacterias ácido lácticas se realizó utilizando el medio de cultivo DIFCO™ Man, Rogose and Sharpe (MRS) ((Becton Dickinson and Company Sparks MD21152 USA). La técnica de sembrado fue siembra en superficie por duplicado para cada dilución. Los platos fueron colocados invertidos en cámaras anaeróbicas a los cuales se colocaron absorbentes de oxígeno o GasPack™ (BD Gaspack™ EZ Anaerobe Container System) y tiras indicadoras de ambiente anaerobio (BD BBL™ Dry Anaerobe Indicator Strips). Las jarras anaeróbicas fueron incubadas por  $48 \pm 2\text{h}$  a una temperatura de  $35 \pm 2^{\circ}\text{C}$  en una incubadora “Isotemp Incubator, Fisher Scientific” (APÉNDICE B11).

### **3.6.1.8.3 Recuento de coliformes**

Para el recuento de coliformes se realizó utilizando el medio de cultivo DIFCO™ Violet Red Bile Agar (VRBA) (Becton Dickinson and Company Sparks MD21152 USA). También se utilizó el método de siembra en superficie por duplicado para cada dilución y los platos se incubaron invertidos a una temperatura de  $35 \pm 2^{\circ}\text{C}$  por  $24 \pm 2\text{h}$  en una incubadora “Isotemp Incubator, Fisher Scientific”.

### **3.6.1.8.4 Recuento de hongos y levaduras**

Para el recuento de hongos y levaduras se utilizó el medio de cultivo DIFCO™ Potato Dextrose Agar (PDA) (Becton Dickinson and Company Sparks MD21152 USA). El método de siembra fue superficie por duplicado para cada dilución. Luego de sembrados los platos fueron incubados en posición no invertida a 25°C por 5 días en una incubadora “Isotemp Incubator, Fisher Scientific” (APÉNDICE B12).

## **3.7 Análisis a los bizcochitos**

### **3.7.1 Altura**

Para medir la altura (en milímetros) de los bizcochitos se utilizó un “caliper digital Mitutoyo” con precisión de  $\pm 0.01$  mm. Los bizcochitos se colocaron parados en la escala y esta se ajustó de tal modo que no se les apretó demasiado. Las mediciones se realizaron por triplicado (APÉNDICE C2).

### **3.7.2 Textura**

Para determinar el perfil de textura de los bizcochitos se utilizó un texturómetro “Texture Technologies Analyzer-Stable Micro System Model TA-XT2”, equipado con el accesorio cilíndrico de penetración “TA-212 Magness-Taylor/USA” de 10 mm de diámetro, con los siguientes ajustes:

**Cuadro 4. Parámetros ajustados en el texturómetro**

<b>Parámetros</b>	<b>Valores</b>	<b>Unidades</b>
Velocidad en la pre-prueba	1.00	mm/sec
Velocidad en la prueba	5.00	mm/sec
Velocidad post-prueba	5.00	mm/sec
Distancia	10.00	mm
Tiempo	1.00	sec
Fuerza de disparo	10.0	gr

Se realizaron pruebas de dos ciclos que simulan la acción de masticar dos veces. Se escogieron los siguientes parámetros:

- Dureza (fuerza máxima de la primera compresión).
- Cohesividad (medida de cuán bien el producto aguanta presión en una segunda deformación en comparación de la primera deformación).
- Elasticidad (indica cuanto se recupera el producto en tamaño entre una compresión y la otra).
- Gomosidad (energía requerida para desintegrar un alimento semisólido a estado listo para ser ingerido; relacionado con los parámetros de dureza y cohesividad).
- Masticabilidad (energía requerida para masticar un alimento sólido a estado para ser ingerido; relacionado con los parámetros de dureza, cohesividad y elasticidad).
- Resistencia (se puede interpretar como la elasticidad instantánea y se mide en la primera compresión).

Las lecturas se tomaron por triplicado y se realizaron tres réplicas (APÉNDICE C3).

### **3.7.3 Análisis sensorial**

Se realizaron en total 12 paneles sensoriales de pruebas de preferencia de ordenamiento simple. En cada panel sensorial participaron 36 panelistas no adiestrados, de ambos sexos y diferentes edades. A cada muestra se le asignó un código aleatorio de tres dígitos. Los panelistas evaluaron las muestras y las ordenaron según su preferencia asignando el valor “1” a la muestra de menor preferencia y “3” a la muestra de mayor preferencia (APÉNDICE C4, C5, C6, C7, C8, C9 y C10).

### **3.8 Análisis estadístico**

Para el análisis estadístico de los resultados se utilizó el análisis de varianza (ANOVA) mediante el programa estadístico Infostat versión estudiantil 2012 para la comparación de medias y prueba de Tukey para determinar el tratamiento diferente. Para el análisis sensorial, los resultados se analizaron estadísticamente aplicando análisis de Friedman para determinar si hay diferencias significativas entre los tratamientos (Meilgaard et al., 1999).

## 4 DISCUSIÓN Y RESULTADOS

### 4.1 Evaluación a la mezcla

#### 4.1.1 pH

Se midió el pH con el fin de determinar si se produjeron cambios en la mezcla elaborada. El valor de pH es un factor intrínseco que puede ocasionar o determinar crecimiento microbial, estabilidad química y puede tener un impacto en las propiedades funcionales del producto. En la investigación, los valores de pH variaron de 4.58 a 4.71. También se observó que el producto congelado no sufrió cambios ya que los valores de pH se mantuvieron similares en los diferentes muestreos y tratamientos (Cuadro 5). Esto demuestra la consistencia entre los lotes de la elaboración de la mezcla de ñame aunque fueron preparados a diferentes épocas del año.

Sin embargo, en el almacenamiento refrigerado, los valores de pH descendieron levemente.

Navas (2011), en un estudio acerca de la optimización y determinación del largo de vida útil de mezcla a base de calabaza (*Cucurbita moschata*) observó una disminución de los valores de pH, oscilando el pH inicial entre 4.56 y 4.57 y disminuyendo a valores entre 4.11 y 4.14 para el último día de almacenamiento a 4°C. Esta disminución del pH se debe en parte a la acumulación de desechos metabólicos que se producen cuando los microorganismos utilizan los nutrientes presentes en el alimento como carbohidratos, lípidos y proteínas. De manera similar, en la mezcla a base de ñame se observó una ligera disminución de pH en almacenamiento refrigerado. Se deduce que la razón del descenso de pH se debió a reacciones metabólicas de microorganismos, en especial de bacterias ácidolácticas presentes en la mezcla.

**Cuadro 5. Valores de pH durante almacenamiento**

Congelación (días)	Refrigeración (días)	pH		
		0% goma xantán	0.15% goma xantán	0.30% goma xantán
0	0	4.71	4.7	4.71
	1	4.68	4.67	4.68
	4	4.64	4.64	4.64
	7	4.62	4.63	4.62
	10	4.58	4.58	4.58
30	0	4.71	4.7	4.71
	1	4.68	4.67	4.67
	4	4.64	4.64	4.64
	7	4.62	4.62	4.62
	10	4.58	4.58	4.58
60	0	4.71	4.7	4.7
	1	4.67	4.67	4.67
	4	4.64	4.64	4.64
	7	4.62	4.63	4.62
	10	4.58	4.59	4.58
90	0	4.7	4.71	4.7
	1	4.67	4.68	4.67
	4	4.64	4.65	4.64
	7	4.63	4.62	4.62
	10	4.58	4.58	4.58

Por tanto, estos resultados se relacionan con los obtenidos en el recuento de bacterias ácido lácticas, donde se observó que a mayor tiempo de refrigeración, mayor fue el crecimiento de este tipo de bacterias. Por lo que se puede deducir que el crecimiento de ese tipo de bacterias provocó el descenso de pH en el producto refrigerado ya que las bacterias acidolácticas producen ácido láctico el cual acidificó el medio (Barreiro & Sandoval, 2006; Jay et al., 2005).

### 4.1.2 $a_w$

Otro parámetro que se analizó en la investigación fue el de actividad de agua ( $a_w$ ), que es la cantidad de agua disponible para la actividad microbiana. La actividad de agua se define como la razón entre la presión de vapor del agua en el alimento y la presión de vapor del agua pura. Se evaluó este parámetro debido a que cumple un rol importante en el crecimiento de microorganismos, afectando el crecimiento microbial y el deterioro del producto. Además, a valores altos de  $a_w$  (superiores a 0.85), el producto tiende a ser más perecedero y permite el crecimiento de patógenos y gran actividad de microorganismos en él. Los valores de  $a_w$  del producto se encuentran en este rango, por lo que se vió por conveniente la evaluación de este parámetro.

Durante el almacenamiento congelado no hubo diferencia significativa ( $P > 0.05$ ). Se observó que los valores de  $a_w$  descendieron ligeramente en el almacenamiento refrigerado. Estos valores oscilaron entre 0.94 a 0.98. Este rango de  $a_w$  facilita el crecimiento de microorganismos en el producto ya que éstos requieren de medios acuosos para su crecimiento y reproducción (FAO, 1986). El cambio de los valores de  $a_w$  durante la refrigeración se pudo deber a que este proceso afecta la cantidad de agua disponible para actividad microbiana, disminuyendo las condiciones propicias para su crecimiento.

**Cuadro 5. Valores de  $a_w$  durante almacenamiento**

Congelación (días)	Refrigeración (días)	$a_w$		
		0% goma xantán	0.15% goma xantán	0.30% goma xantán
0	0	0.98	0.97	0.96
	1	0.97	0.96	0.96
	4	0.96	0.96	0.95
	7	0.96	0.95	0.95
	10	0.95	0.95	0.94
30	0	0.98	0.97	0.96
	1	0.97	0.96	0.96
	4	0.96	0.96	0.95
	7	0.96	0.95	0.95
	10	0.95	0.95	0.94
60	0	0.98	0.97	0.96
	1	0.97	0.96	0.96
	4	0.96	0.96	0.95
	7	0.96	0.95	0.95
	10	0.95	0.95	0.94
90	0	0.98	0.97	0.96
	1	0.97	0.96	0.96
	4	0.96	0.96	0.96
	7	0.96	0.95	0.95
	10	0.95	0.95	0.94

### 4.1.3 Color

Otro parámetro de importancia para determinar el largo de vida útil del producto es la evaluación del color. Los cambios de color en el producto pueden deberse a reacciones químicas como: pardeamiento enzimático y no enzimático.

En la investigación, no hubo diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) en el muestreo a las muestras congeladas, los resultados fueron muy similares. Por lo que se pudo deducir que el proceso de congelación no afectó el color del producto sino contribuyó a que éste se conservará. Además, los valores del parámetro de color  $L^*$  variaron entre 68.13 y 68.53, los del parámetro de color  $a^*$  oscilaron entre 4.05 a 4.56 y los parámetros de color variaron entre 28.24 a 28.76.

Por otro lado, aunque de manera perceptible no se vio diferencia significativa de color, mediante las mediciones realizadas con el colorímetro se observó un leve descenso en los todos los parámetros de color ( $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ ) en el almacenamiento refrigerado (cuadros 7, 8 y 9).

**Cuadro 6. Parámetros de color L\* durante almacenamiento**

Congelación (días)	Refrigeración (días)	L*		
		0% goma xantán	0.15% goma xantán	0.30% goma xantán
0	0	68.14	68.14	68.15
	1	68.26	68.26	68.26
	4	68.34	68.35	68.34
	7	68.45	68.44	68.46
	10	68.55	68.56	68.55
30	0	68.13	68.15	68.17
	1	68.25	68.25	68.25
	4	68.34	68.34	68.34
	7	68.46	68.47	68.45
	10	68.55	68.56	68.53
60	0	68.15	68.15	68.15
	1	68.26	68.26	68.24
	4	68.34	68.34	68.35
	7	68.44	68.45	68.45
	10	68.56	68.56	68.57
90	0	68.13	68.15	68.14
	1	68.27	68.26	68.24
	4	68.35	68.33	68.35
	7	68.46	68.46	68.47
	10	68.56	68.55	68.53

**Cuadro 8. Parámetros a\* durante almacenamiento**

Congelación (días)	Refrigeración (días)	a*		
		0% goma xantán	0.15% goma xantán	0.30% goma xantán
0	0	4.05	4.05	4.05
	1	4.25	4.24	4.23
	4	4.36	4.35	4.33
	7	4.45	4.45	4.44
	10	4.55	4.55	4.55
30	0	4.04	4.03	4.05
	1	4.25	4.25	4.23
	4	4.34	4.34	4.35
	7	4.45	4.44	4.46
	10	4.54	4.55	4.56
60	0	4.05	4.04	4.06
	1	4.24	4.24	4.24
	4	4.36	4.35	4.34
	7	4.44	4.44	4.45
	10	4.54	4.56	4.54
90	0	4.05	4.04	4.06
	1	4.26	4.24	4.26
	4	4.33	4.35	4.35
	7	4.44	4.44	4.46
	10	4.54	4.54	4.54

**Cuadro 9. Parámetro b\* de color durante almacenamiento**

Congelación (días)	Refrigeración (días)	b*		
		0% goma xantán	0.15% goma xantán	0.30% goma xantán
0	0	28.24	28.25	28.25
	1	28.35	28.37	28.35
	4	28.45	28.45	28.45
	7	28.54	28.55	28.53
	10	28.75	28.74	28.75
30	0	28.26	28.25	28.24
	1	28.35	28.36	28.35
	4	28.44	28.46	28.46
	7	28.55	28.55	28.54
	10	28.76	28.76	28.75
60	0	28.26	28.26	28.27
	1	28.34	28.35	28.35
	4	28.44	28.45	28.45
	7	28.54	28.56	28.54
	10	28.74	28.76	28.76
90	0	28.25	28.24	28.24
	1	28.34	28.34	28.35
	4	28.45	28.45	28.45
	7	28.56	28.56	28.57
	10	28.24	28.25	28.25

#### 4.1.4 Análisis proximal

Se realizó el análisis proximal con el propósito de determinar la composición química de la mezcla, con diferentes concentraciones de goma xantán (0, 0.15 y 0.30%). Debido a que la composición no se ve afectada por los procesos de refrigeración y congelación, se realizó el análisis proximal únicamente a las tres réplicas del producto congelado.

En el análisis proximal a la mezcla a base de ñame en B.S (base seca), se observó diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) en los porcentajes de humedad (69.39% a 71.25%), ceniza (6.02% a 6.45%) y carbohidratos (10.98% a 13.99%) en los tres tratamientos (0, 0.15 y 0.30% de goma xantán). Sin embargo, aunque en el análisis estadístico del análisis proximal a la mezcla se observó diferencia significativa, esta diferencia no es importante porque cae dentro de los márgenes de error del experimento. Por otro lado, no se observó diferencia significativa en los porcentajes de grasa cruda (con valores entre 10.56% a 11.29%) y proteína bruta (oscilaron de 0.03 a 0.04) en los tres tratamientos ( $P < 0.05$ ). Según el Cuadro 10, se observó que en el análisis proximal de los tres tratamientos se pareció mucho por lo que las diferencias entre los porcentajes de humedad, ceniza y carbohidratos en los tres tratamientos no fueron tan notables.

Como se esperaba, el producto presentó un alto porcentaje de humedad (en todos los tratamientos), lo que lo convierte en altamente perecedero después de descongelado.

**Cuadro 10. Humedad, Ceniza, Grasa. Proteína y Carbohidratos**

Concentración de goma xantán (%)	Tiempo (día)	Humedad B.H (%)	Ceniza B.S (%)	Proteína bruta B.S (%)	Grasa cruda B.S (%)	Carbohidratos B.S (%)
0	0	71.25	6.45	0.04	11.29	82.22
0.15	0	70.69	6.34	0.04	10.97	82.65
0.30	0	69.39	6.02	0.03	10.56	83.39

#### 4.1.5 Sinéresis

En esta investigación se evaluó la sinéresis, que es la pérdida de agua de un producto o la exudación o liberación de agua del mismo (Badui, 1990; Vacklavik & Christian, 2008). Esta prueba es utilizada en la industria para determinar la calidad en productos semi-acuosos. Además, se realizó este tipo de análisis porque se deseó determinar el efecto de la adición de goma en la capacidad de retener el agua utilizado diferentes concentraciones de goma xantán, durante almacenamiento refrigerado después de descongelado el producto.

En el cuadro 11, se observó diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) entre tratamientos (0, 0.15 y 0.30% de goma xantán). Por lo tanto, las muestras de mezcla de ñame se vieron afectadas por la concentración de goma. Los valores de porcentaje de sinéresis para el tratamiento 1 (concentración de goma xantán de 0%) oscilaron entre 6.13 a 6.41%, para el tratamiento 2 (concentración de goma xantán de 0.15%) oscilaron entre 3.22 a 3.51% y para el tratamiento 3 variaron entre 1.82 a 1.92%.

Lersch (2008) mencionó que la goma xantán presenta la capacidad de reducir la sinéresis en productos congelados. Según los resultados obtenidos, se corroboró el estudio anterior y se deduce que la incorporación de goma xantán en la mezcla contribuyó a evitar el efecto de sinéresis y de esta manera mejorar su apariencia.

Además, se observó una relación inversamente proporcional entre la sinéresis de la mezcla y la altura de los bizcochitos. Por tanto, a menor sinéresis de la mezcla mayor será la altura de los bizcochitos a base de ñame.

**Cuadro 11. Valores de sinéresis (%) durante almacenamiento**

Congelación (días)	Refrigeración (días)	Sinéresis (%)		
		0% goma xantán	0.15% goma xantán	0.30% goma xantán
0	0	6.27	3.22	1.84
	1	6.19	3.28	1.85
	4	6.22	3.47	1.88
	7	6.35	3.33	1.88
	10	6.18	3.43	1.92
30	0	6.41	3.27	1.85
	1	6.21	3.51	1.85
	4	6.28	3.48	1.88
	7	6.24	3.40	1.86
	10	6.25	3.30	1.83
60	0	6.25	3.25	1.82
	1	6.30	3.33	1.86
	4	6.22	3.41	1.88
	7	6.29	3.39	1.83
	10	6.13	3.43	1.83
90	0	6.24	3.27	1.84
	1	6.36	3.29	1.84
	4	6.30	3.30	1.83
	7	6.17	3.38	1.84
	10	6.21	3.40	1.87

#### **4.1.6 Capacidad de retención de agua (CRA)**

Otro parámetro que afecta la calidad de una mezcla semi-acuosa es la capacidad de retención de agua. En la industria de alimentos se utilizan las gomas y almidones modificados para aumentar la capacidad de retención de agua en productos que serán congelados y descongelados antes de su consumo. Contrario a la sinéresis que presenta el agua que se libera libremente al descongelarse la capacidad de retención de agua mide la cantidad de agua que requiere de una fuerza para liberarse. Los valores en el Cuadro 12 expresan la capacidad de retención de agua en cada tratamiento y días de almacenamiento. A mayor valor de CRA, menor la retención de agua por el producto.

Se observó diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) entre tratamientos (0, 0.15 y 0.30% de goma xantán). Los valores de porcentaje de capacidad de retención de agua para el tratamiento 1 (concentración de de goma xantán de 0%) oscilaron entre 66.29 a 66.64%, para el tratamiento 2 (concentración de goma xantán de 0.15%) oscilaron entre 93.49 a 93.80% y para el tratamiento 3 variaron entre 97.49 a 97.73%. Por lo tanto, a mayor concentración de goma xantán mayor será el porcentaje de retención de agua (CRA). Por lo que, el almacenamiento congelado de la mezcla por tres meses no afectó el porcentaje de sinéresis ni el porcentaje de capacidad de retención de agua en el producto. El almacenamiento del producto por diez días después de descongelado tampoco afectó los porcentajes tanto de sinéresis como de capacidad de retención de agua.

Además, para determinar la relación entre los porcentajes de sinéresis y de capacidad de retención de agua se determinó el coeficiente de correlación entre estos dos parámetros (igual a -0.97). Este resultado indica una buena asociación o relación entre estas dos variables y que a mayor capacidad de retener el agua de la mezcla, menor fue la sinéresis. Así mismo, a mayor concentración de goma xantán, menor la sinéresis y mayor la CRA.

**Cuadro 12. Valores de capacidad de retención de agua (CRA) (%) durante almacenamiento**

Congelación (días)	Refrigeración (días)	Capacidad de retención de agua (%)		
		0% goma xantán	0.15% goma xantán	0.30% goma xantán
0	0	66.60	93.64	97.57
	1	66.61	93.73	97.58
	4	66.64	93.76	97.66
	7	66.52	93.65	97.52
	10	66.62	93.55	97.55
30	0	66.52	93.73	97.68
	1	66.50	93.69	97.59
	4	66.58	93.49	97.50
	7	66.56	93.58	97.49
	10	66.55	93.71	97.73
60	0	66.50	93.62	97.55
	1	66.63	93.72	97.61
	4	66.54	93.80	97.65
	7	66.43	93.66	97.56
	10	66.58	93.70	97.53
90	0	66.47	93.70	97.64
	1	66.41	93.60	97.52
	4	66.37	93.63	97.61
	7	66.57	93.75	97.61
	10	66.29	93.70	97.62

#### 4.1.7 Índice de valor de acidez de grasa

**Cuadro 13. Valores de índice de acidez de grasa durante almacenamiento**

Congelación (días)	Refrigeración (días)	Índice de valor de acidez de grasa		
		0% goma xantán	0.15% goma xantán	0.30% goma xantán
0	0	0.02	0.02	0.02
	1	0.02	0.02	0.02
	4	0.03	0.03	0.03
	7	0.04	0.04	0.04
	10	0.05	0.05	0.05
30	0	0.02	0.02	0.02
	1	0.02	0.02	0.02
	4	0.03	0.03	0.03
	7	0.04	0.04	0.04
	10	0.05	0.05	0.05
60	0	0.02	0.02	0.02
	1	0.02	0.02	0.02
	4	0.03	0.03	0.03
	7	0.04	0.04	0.04
	10	0.05	0.05	0.05
90	0	0.02	0.02	0.02
	1	0.02	0.02	0.02
	4	0.03	0.03	0.03
	7	0.04	0.04	0.04
	10	0.05	0.05	0.05

Entre las reacciones de deterioro que puede sufrir un alimento bajo su almacenamiento refrigerado son las reacciones de oxidación e hidrólisis de la grasa. La mezcla acuosa de ñame contiene huevo y queso que aporta el contenido de grasa en el producto. Una de las maneras para determinar que hay hidrólisis en los lípidos de un alimento es midiendo el valor de la acidez de la grasa. Reacciones de hidrólisis de grasa liberan ácidos grasos libres los cuales indican cambios en el producto. Se esperaría que bajo almacenamiento refrigerado y congelado se retrase este tipo de reacciones en la mezcla.

Los valores de índice de acidez de grasa oscilaron entre 0.02 a 0.05. No se observó diferencia significativa ( $P>0.05$ ) en el muestreo en almacenamiento bajo congelación (cuadro 13). Además, a la mezcla a base de ñame se adicionó ácido ascórbico conocido en la industria de alimentos por sus propiedades antioxidantes y por evitar el pardeamiento enzimático (Fennema, 1996). Por lo tanto, podemos deducir que por estas propiedades que presenta el ácido ascórbico, la mezcla elaborada no se vio significativamente afectada por reacciones de oxidación e hidrólisis de la grasa.

#### **4.1.8 Análisis microbiológico**

Se realizó el análisis microbiológico con la finalidad de determinar el largo de vida útil y comprobar la calidad del mismo, por medio de un recuento de microorganismos aerobios, bacterias ácidolácticas, coliformes totales, hongos y levaduras. El recuento de estos microorganismos en la investigación se encontró dentro de los límites aceptados y considerado como seguro para el consumo.

##### **4.1.8.1 Recuento de microorganismos aerobios**

Se realizó el recuento de microorganismos aerobios para determinar el tiempo de vida del producto elaborado, su largo de vida útil y como indicador de los niveles de microorganismos aerobios para indicar la calidad microbiológica y como guía para la aceptabilidad de la calidad organoléptica del producto (Fontáñez, 2005).

El recuento de microorganismos aerobios de las muestras al día 0 y 30 de congeladas fue similar 2.42-2.47 log UFC/g (Cuadro 14). Como se esperaba, el almacenamiento congelado no favorece el crecimiento de microorganismos aerobios.

Los recuentos encontrados durante el almacenamiento refrigerado variaron entre 2.42-5.71 log UFC/g. Se observó un leve aumento del crecimiento de microorganismos aerobios al ser descongeladas y mantenerlas refrigeradas las mezcla durante 0, 1, 4, 7 y 10 días. Aunque hubo un leve aumento de microorganismos aerobios en almacenamiento bajo refrigeración los valores del recuento se encontraron en niveles aceptables (Jay, 2005).

No se observó diferencias significativas ( $P>0.05$ ) entre los tratamientos. Por lo tanto la pequeña diferencia en la concentración de goma xantán (0%, 0.15% y 0.30%) no afectó significativamente el crecimiento de microorganismos aerobios.

**Cuadro 14. Número de microorganismos aerobios (log UFC/g) durante almacenamiento**

Congelación (días)	Refrigeración (días)	Número de microorganismos aerobios (log UFC/g)		
		0% goma xantán	0.15% goma xantán	0.30% goma xantán
0	0	2.42	2.47	2.44
	1	2.73	2.73	2.71
	4	3.51	3.52	3.52
	7	4.74	4.74	4.73
	10	5.72	5.72	5.71
30	0	2.47	2.47	2.47
	1	2.72	2.72	2.70
	4	3.52	3.51	3.50
	7	4.73	4.74	4.73
	10	5.71	5.70	5.70

#### 4.1.8.2 Recuento de bacterias ácidolácticas

Las bacterias ácidolácticas son un tipo de bacterias comunes en productos lácteos y ambientes ácidos, que aprovechan los nutrientes disponibles en los alimentos y ocasionan el deterioro de éstos (Olivas & Alarcón, 2004). Por esta razón se realizó el recuento de bacterias ácido lácticas, debido a que la mezcla elaborada presentó un pH bajo (4.71). Según los resultados, se observó un leve aumento en el crecimiento de bacterias ácido lácticas (entre 2.32 a 5.90 log UFC/g) durante el almacenamiento refrigerado. Por lo que se concluyó, que a mayor tiempo de almacenamiento del producto bajo refrigeración, mayor el crecimiento de bacterias ácidolácticas. Sin embargo, no hubo diferencias significativas ( $P>0.05$ ) en el almacenamiento bajo congelación.

**Cuadro 15. Número de bacterias ácido lácticas (log UFC/g) durante almacenamiento**

Congelación (días)	Refrigeración (días)	Número de bacterias ácido lácticas (log UFC/g)		
		0% goma xantán	0.15% goma xantán	0.30% goma xantán
0	0	2.32	2.34	2.36
	1	2.65	2.64	2.62
	4	3.50	3.50	3.50
	7	4.81	4.83	4.81
	10	5.90	5.90	5.90
30	0	2.32	2.30	2.47
	1	2.66	2.68	2.31
	4	3.49	3.49	2.65
	7	4.81	4.82	3.48
	10	5.90	5.57	4.80

Por lo tanto, se corroboró el estudio de Whitehead et al., (1993), quienes mencionaron que las bacterias ácido lácticas son capaces de conservar su viabilidad aún bajo congelación. Según se observó en la investigación, efectivamente las bacterias ácido lácticas resistieron el almacenamiento congelado y crecieron después de descongelado el producto.

### **4.1.8.3 Recuento de coliformes**

El recuento de microorganismos coliformes es utilizado como indicador de contaminación y la utilización correcta de buenas prácticas de manufactura en la industria alimentaria (Olivas & Alarcón, 2004).

En las muestras analizadas no hubo crecimiento de bacterias coliformes en ninguno de los días de muestreos, ni en ningún tratamiento. Esto es indicador de la utilización de buenas prácticas de manufactura y prácticas sanitarias. Además, las bacterias gram negativas son más sensibles a procesos de refrigeración y congelación (Hui et al., 2004). Como las bacterias coliformes están dentro de este grupo, estas se ven afectadas por estos procesos, esto explicaría porque no hubo crecimiento.

### **4.1.8.4 Recuento de hongos**

Los hongos son organismos que pueden provocar una acción nociva de deterioro en los alimentos, al ser heterótrofos requieren materiales orgánicos preformados como fuente de energía. Además, la presencia de hongos en los alimentos puede provocar defectos en aspecto y dificultad de conservación del producto (Del Rosario & Calderón, 2000).

Se realizó el recuento de hongos con el propósito de encontrar su posible presencia y crecimiento de estos microorganismos que ocasionarían deterioro del producto. Además, la mezcla elaborada contuvo materiales susceptibles a la contaminación por hongos (ñame, cilantrillo y culantro). Por lo que la posible presencia de hongos en el producto puede ser indicio de materia prima de mala calidad. Además, se realizó este análisis por las condiciones que ofrece el producto como bajo pH y presencia de oxígeno. Estos dos factores propiciarían la presencia de hongos en el producto.

Según los resultados, no se encontró diferencia significativa ( $P > 0.05$ ) entre los muestreos del día 0 y el muestreo del día 30 de congelación. Sin embargo, en almacenamiento refrigerado, se observó que no hubo crecimiento de hongos a los días 0, 1 y 4. El crecimiento se encontró a partir del día 7 y hubo un leve aumento para el día 10 (cuadro 16). El crecimiento entre estos dos

días osciló de 0.80 a 1.16 log UFC/g por lo que se observó una leve diferencia. Esto se debió a que el crecimiento de los hongos es mucho más lento que el de las bacterias (Prats, 2008). Además, el producto contiene sorbato de potasio, utilizado frecuentemente como preservante para el control e inhibición de hongos y levaduras en los alimentos (Rietschel & Fowler, 2008). Aunque la cantidad de sorbato de potasio utilizada fue la máxima permitida por el FDA (0.1%) ésta no fue suficiente para inhibir el crecimiento al séptimo día de refrigerado. No se observó diferencias significativas ( $P>0.05$ ) entre los tratamientos, por tanto, la concentración de goma xantán (0%, 0.15% y 0.30%) no afectó significativamente en el crecimiento de hongos.

**Cuadro 16. Número de hongos (log UFC/g) durante almacenamiento**

Congelación (días)	Refrigeración (días)	Número de hongos (log UFC/g)		
		0% goma xantán	0.15% goma xantán	0.30% goma xantán
0	0	Sin crecimiento	Sin crecimiento	Sin crecimiento
	1	Sin crecimiento	Sin crecimiento	Sin crecimiento
	4	Sin crecimiento	Sin crecimiento	Sin crecimiento
	7	0.90	0.90	0.90
	10	1.16	1.10	1.06
30	0	Sin crecimiento	Sin crecimiento	Sin crecimiento
	1	Sin crecimiento	Sin crecimiento	Sin crecimiento
	4	Sin crecimiento	Sin crecimiento	Sin crecimiento
	7	0.80	0.90	0.80
	10	1.16	1.16	1.16

#### **4.1.8.5 Recuento de levaduras**

Las levaduras son organismos que también ocasionan deterioro del producto, generalmente crecen formando colonias y al igual que los hongos requieren de ambiente ácido para poder crecer (Del Rosario & Calderón, 2000). De igual manera que el recuento de los hongos, se realizó el recuento de levaduras con el propósito de encontrar su posible presencia de levaduras en el producto. Además, las condiciones que ofrece el producto, como bajo pH y

presencia de oxígeno, también propician la presencia de estos microorganismos en el producto (hongos y levaduras).

No se encontraron diferencias significativas entre los muestreos del almacenamiento bajo congelación ( $P>0.05$ ). Tampoco se observaron diferencias significativas ( $P>0.05$ ) entre los tratamientos, por tanto la pequeña diferencia en la concentración de goma xantán (0%, 0.15% y 0.30%) no afectó significativamente el crecimiento de levaduras en el producto.

Se observó que no hubo crecimiento de levaduras a los días 0, 1, 4 y 7 de almacenamiento bajo refrigeración. El crecimiento se encontró a partir del día 10 (cuadro 17). Los valores del recuento de levadura para el día décimo oscilaron de 1.06 a 1.16 log UFC/g. La ausencia de crecimiento de levaduras en los primeros días de almacenamiento bajo refrigeración también, pudo deberse a que el producto contenía sorbato de potasio utilizado frecuentemente como preservativo para el control e inhibición de hongos y levaduras en los alimentos (Rietschel & Fowler, 2008). Igualmente, la cantidad de sorbato de potasio utilizado (0.10%), no fue el suficiente para inhibir el crecimiento de levaduras en el décimo día.

**Cuadro 17. Número de levaduras (log UFC/g) durante almacenamiento**

Congelación (días)	Refrigeración (días)	Número de levaduras (log UFC/g)		
		0% goma xantán	0.15% goma xantán	0.30% goma xantán
0	0	Sin crecimiento	Sin crecimiento	Sin crecimiento
	1	Sin crecimiento	Sin crecimiento	Sin crecimiento
	4	Sin crecimiento	Sin crecimiento	Sin crecimiento
	7	Sin crecimiento	Sin crecimiento	Sin crecimiento
	10	1.16	1.10	1.06
30	0	Sin crecimiento	Sin crecimiento	Sin crecimiento
	1	Sin crecimiento	Sin crecimiento	Sin crecimiento
	4	Sin crecimiento	Sin crecimiento	Sin crecimiento
	7	Sin crecimiento	Sin crecimiento	Sin crecimiento
	10	1.16	1.16	1.16

## **4.2 Evaluación de los bizcochitos**

Se realizó la evaluación de los bizcochitos horneados con la mezcla congelada, luego descongelada y refrigerada para comprobar si estos procesos permiten conservar las propiedades organolépticas y evaluar si se ve afectada la calidad del producto. Se midió: altura, perfil de textura y análisis sensorial porque son parámetros que permiten evaluar la calidad de los bizcochitos horneados.

### **4.2.1 Altura**

Se elaboraron los bizcochitos con la mezcla descongelada en diferentes días de muestreo (la descongelación de la mezcla a los 0, 30, 60 y 90 días). Una vez descongeladas las muestras se evaluó el almacenamiento refrigerado (a los 0, 1, 4, 7 y 10 días). Se pesaron 30 gr de mezcla de cada tratamiento o concentración de goma (0, 0.15, 0.30%) y fueron horneados a 375°F por 20 minutos. Transcurrido este tiempo se esperó cinco minutos a que enfriaran y se midió la altura con un instrumento llamado caliper (mm).

No se observaron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) en los almacenamientos bajo refrigeración y congelación. Por lo que se dedujo que estos procesos no afectan significativamente a la altura de los bizcochitos horneados (Cuadro 18). Los valores de altura de los bizcochitos variaron para cada tratamiento o concentración de goma. Para la concentración de goma de 0% oscilaron entre 28.45 a 28.46 mm, a la concentración de 0.15% variaron entre 30.73 a 30.76 mm y a la concentración de 0.30% variaron entre 31.45 a 31.79 mm.

Se observó que los bizcochitos elaborados con la mayor concentración de goma (0.30%) presentaron una mayor altura en comparación con los de menor concentración (0%). Esto se debió a que la goma tiene un efecto estabilizante en el producto, es decir, mejora la apariencia, altura y color del producto (Phillips & Williams, 2000).

**Cuadro 18. Valores de altura (mm) durante almacenamiento**

Congelación (días)	Refrigeración (días)	Altura (mm)		
		0% goma xantán	0.15% goma xantán	0.30% goma xantán
0	0	28.46	30.75	31.79
	1	28.46	30.76	31.45
	4	28.45	30.74	31.46
	7	28.46	30.74	31.45
	10	28.46	30.74	31.45
30	0	28.46	30.74	31.45
	1	28.46	30.74	31.45
	4	28.45	30.74	31.46
	7	28.46	30.75	31.45
	10	28.45	30.73	31.46
60	0	28.46	30.74	31.45
	1	28.45	30.74	31.45
	4	28.46	30.74	31.45
	7	28.46	30.75	31.45
	10	28.45	30.74	31.45
90	0	28.45	30.73	31.45
	1	28.46	30.76	31.45
	4	28.45	30.74	31.45
	7	28.45	30.73	31.47
	10	28.45	30.74	31.46

## 4.2.2 Textura

Se evaluó el perfil de textura de un producto horneado usando un texturómetro debido a que es un instrumento que proporciona una medida objetiva y cuantitativa. Se realizaron prueba de dos ciclos, que simula la acción de masticar un alimento dos veces y se evaluaron parámetros como: dureza, gomosidad, elasticidad, cohesividad, masticabilidad y resistencia. La textura del producto horneado es una característica importante para el consumidor.

Se midió la textura de los bizcochitos horneados preparados con la mezcla los días 0, 1, 4, 7 y 10 de almacenamiento bajo refrigeración después de ser descongeladas. No se observó diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) en los parámetros de textura (dureza, gomosidad, masticabilidad, resistencia, elasticidad y cohesividad) tanto en almacenamiento bajo refrigeración como almacenamiento bajo congelación (Cuadros 19, 20, 21, 22, 23 y 24). Los valores de dureza oscilaron entre 408.75 a 468.83, los valores de gomosidad entre 0.54 a 0.56, los valores de cohesividad entre 0.53 a 0.57, los valores de elasticidad entre 0.79 a 0.87, los valores de masticabilidad entre 532.47 a 560.76 y los valores de resistencia entre 0.23 a 0.25. Estos valores indicaron que no hubo diferencia significativa entre los tratamientos durante procesos de refrigeración y congelación.

**Cuadro 19. Valores de dureza durante almacenamiento**

Congelación (días)	Refrigeración (días)	Dureza		
		0% goma xantán	0.15% goma xantán	0.30% goma xantán
0	0	432.66	451.65	450.64
	1	441.11	458.91	460.15
	4	444.59	460.34	464.61
	7	450.96	457.07	452.59
	10	441.11	452.71	455.44
30	0	408.75	457.72	438.74
	1	450.03	469.55	454.96
	4	448.34	464.89	445.84
	7	434.55	442.55	469.03
	10	445.22	451.29	444.99
60	0	440.96	461.45	457.91
	1	447.88	453.51	461.29
	4	445.9	452.76	454.22
	7	458.01	456.44	462.92
	10	463.46	457.39	460.55
90	0	467.77	458.70	457.58
	1	465.48	461.04	452.06
	4	463.42	460.45	464.12
	7	471.27	440.77	443.01
	10	468.83	462.46	464.98

**Cuadro 20. Valores de gomosidad durante almacenamiento**

Congelación (días)	Refrigeración (días)	Gomosidad		
		0% goma xantán	0.15% goma xantán	0.30% goma xantán
0	0	0.54	0.56	0.55
	1	0.55	0.55	0.54
	4	0.55	0.54	0.55
	7	0.55	0.55	0.54
	10	0.55	0.54	0.56
30	0	0.54	0.55	0.55
	1	0.54	0.54	0.56
	4	0.55	0.55	0.53
	7	0.54	0.56	0.54
	10	0.54	0.54	0.55
60	0	0.54	0.59	0.55
	1	0.55	0.55	0.54
	4	0.54	0.56	0.55
	7	0.54	0.53	0.55
	10	0.55	0.54	0.55
90	0	0.54	0.55	0.54
	1	0.53	0.55	0.55
	4	0.55	0.55	0.54
	7	0.56	0.54	0.55
	10	0.54	0.55	0.55

**Cuadro 21. Valores de elasticidad durante almacenamiento**

Congelación (días)	Refrigeración (días)	Elasticidad		
		0% goma xantán	0.15% goma xantán	0.30% goma xantán
0	0	0.86	0.86	0.84
	1	0.87	0.86	0.86
	4	0.79	0.85	0.85
	7	0.83	0.85	0.85
	10	0.86	0.86	0.86
30	0	0.86	0.86	0.86
	1	0.86	0.85	0.84
	4	0.86	0.86	0.84
	7	0.86	0.84	0.86
	10	0.85	0.85	0.86
60	0	0.87	0.86	0.85
	1	0.86	0.85	0.85
	4	0.85	0.86	0.86
	7	0.83	0.86	0.86
	10	0.84	0.85	0.85
90	0	0.85	0.85	0.84
	1	0.85	0.85	0.84
	4	0.84	0.85	0.84
	7	0.86	0.86	0.85
	10	0.87	0.85	0.86

**Cuadro 22. Valores de cohesividad durante almacenamiento**

Congelación (días)	Refrigeración (días)	Cohesividad		
		0% goma xantán	0.15% goma xantán	0.30% goma xantán
0	0	0.56	0.56	0.56
	1	0.55	0.55	0.55
	4	0.54	0.55	0.53
	7	0.55	0.56	0.54
	10	0.55	0.55	0.55
30	0	0.57	0.55	0.55
	1	0.54	0.55	0.55
	4	0.55	0.56	0.56
	7	0.55	0.55	0.56
	10	0.54	0.55	0.56
60	0	0.54	0.56	0.56
	1	0.55	0.56	0.56
	4	0.54	0.54	0.54
	7	0.55	0.59	0.56
	10	0.55	0.56	0.56
90	0	0.55	0.54	0.54
	1	0.56	0.54	0.55
	4	0.54	0.54	0.55
	7	0.54	0.54	0.54
	10	0.57	0.57	0.54

**Cuadro 23. Valores de masticabilidad durante almacenamiento**

Congelación (días)	Refrigeración (días)	Masticabilidad		
		0% goma xantán	0.15% goma xantán	0.30% goma xantán
0	0	549.70	547.77	539.63
	1	540.88	539.62	544.11
	4	545.92	550.67	537.36
	7	552.06	555.53	549.34
	10	559.85	549.04	562.17
30	0	531.01	547.68	553.27
	1	551.74	536.45	547.71
	4	550.84	533.82	549.69
	7	541.76	539.98	532.47
	10	547.42	556.09	546.46
60	0	543.29	551.73	556.32
	1	549.95	551.29	560.76
	4	536.55	561.06	554.44
	7	561.18	553.68	562.45
	10	549.49	544.76	554.74
90	0	535.91	532.83	547.60
	1	551.14	549.30	552.05
	4	546.15	538.83	552.00
	7	538.03	539.93	560.42
	10	538.86	542.83	539.18

**Cuadro 24. Valores de resistencia durante almacenamiento**

Congelación (días)	Refrigeración (días)	Resistencia		
		0% goma xantán	0.15% goma xantán	0.30% goma xantán
0	0	0.24	0.24	0.24
	1	0.23	0.24	0.23
	4	0.24	0.24	0.24
	7	0.24	0.24	0.25
	10	0.24	0.24	0.23
30	0	0.25	0.25	0.24
	1	0.24	0.24	0.23
	4	0.23	0.24	0.25
	7	0.23	0.23	0.24
	10	0.25	0.24	0.24
60	0	0.24	0.24	0.24
	1	0.24	0.23	0.24
	4	0.24	0.24	0.23
	7	0.25	0.25	0.24
	10	0.24	0.23	0.23
90	0	0.24	0.24	0.24
	1	0.24	0.24	0.24
	4	0.24	0.24	0.24
	7	0.24	0.24	0.24
	10	0.24	0.24	0.24

### 4.2.3 Análisis sensorial

Se realizaron doce paneles de catado de pruebas de preferencia de ordenamiento simple donde “3” era el de mayor preferencia y “1” el de menor preferencia. Con el propósito de evaluar la preferencia de los panelistas a los tres tratamientos o diferentes concentraciones de goma xantán (0, 0.15 y 0.30%). Para lo cual, transcurrido el tiempo de congelación (0, 30, 60 y 90 días), se descongelaron y se prepararon los bizcochitos horneados que fueron evaluados por 36 panelistas en cada panel sensorial.

Los valores oscilaron entre 1.93 a 2.08. No se observaron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) entre los tratamientos. Por lo que podemos deducir que los panelistas no tuvieron una determinada preferencia por ningún tratamiento en específico.

**Cuadro 25. Valores de medias de Friedman durante almacenamiento**

Congelación (días)	Medias Friedman		
	0% goma xantán	0.15% goma xantán	0.30% goma xantán
0	1.93	1.99	2.08
30	1.94	2.00	2.06
60	1.94	1.98	2.08
90	1.96	2.01	2.03

## CONCLUSIONES

- La congelación no afectó ninguno de los parámetros medidos durante los tres meses de almacenamiento congelado.
- Los parámetros de color ( $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ ) aumentaron levemente bajo almacenamiento refrigerado.
- Los porcentajes de sinéresis en los diferentes tratamientos fueron significativamente diferentes, por lo que a mayor concentración de goma menor fue el porcentaje de sinéresis.
- Los porcentajes de capacidad de retención de agua en los diferentes tratamientos fueron significativamente diferentes, por lo que a mayor concentración de goma se observó mayor porcentaje de capacidad de retención de agua.
- A mayor tiempo de almacenamiento del producto bajo condiciones de refrigeración mayor fue el crecimiento de microorganismos aerobios y bacterias ácidolácticas. No obstante los valores no alcanzaron los límites de inaceptables.
- El crecimiento de hongos y levaduras fue mucho más lento que el crecimiento de las bacterias en el producto durante el almacenamiento refrigerado.
- La textura de los bizcochitos horneados no se vio significativamente afectada por los procesos de refrigeración y congelación, ni por los diferentes tratamientos.
- Los panelistas no expresaron preferencia entre los tratamientos de los bizcochitos horneados.
- La muestra podría ser congelada sin afectar las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales durante tres meses.
- Aunque hubo aumento de los microorganismos aerobios durante el almacenamiento refrigerado hasta los diez días, los valores se mantuvieron dentro de los límites aceptables.
- La incorporación de goma xantán en la mezcla contribuyó a evitar la sinéresis, a retener mejor el agua.
- Las muestras de mezcla a base de ñame almacenadas bajo congelación por tres meses no mostraron cambios en sus propiedades microbiológicas y fisicoquímicas.

## **RECOMENDACIONES**

- Realizar análisis fisicoquímicos y microbiológicos a los bizcochitos elaborados a base de ñame. para determinar el largo de vida al producto listo para consumir.
- Elaborar mezclas con otras variedades de ñame y comparar su aceptación.
- Realizar otros análisis de las propiedades reológicas de la mezcla de ñame.
- Evaluar diferentes formas de empaque (al vacío, atmósfera modificada) para alargar la vida útil a la mezcla fresca a base de ñame.
- Realizar pruebas de aceptación sensorial a los bizcochitos horneados.
- Realizar pruebas de aceptación sensorial a los bizcochitos horneados para conocer si los panelistas comprarían el producto.

## Referencias Bibliográficas

1. Alvarez M.D., Fernández C., Canet W. 2005. .Effect of freezing/thawing conditions and long-term frozen storage on the quality of mashed potatoes. J Sci Food Agric. 89: 2327–2340.
2. Alvarez M.D., Fernández C., Canet W. 2009. Enhancement of freezing stability in mashed potatoes by the incorporation of kappa-carrageenan and xanthan gum blends. J Sci Food Agric. 89: 2115–2127
3. Alvis A., Veléz C. A., Rada M. M. 2008. Composición de ñames frescos cultivados en Colombia y sometidos al freído por inmersión. Información Tecnológica – Vol. 19 N° 1. p 3-10.
4. AOAC. 1990. Oficial Method of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 15<sup>th</sup> Edition. Vol 1 and 2. p 64-1048.
5. AOCS. 2005. Official Method Am 5-04. American Oil Chemist’s Society. Urbana, Illinois, USA.
6. Arocas A., Sanz T., Fiszman S.M. 2008. Influencia de la modificación del almidón en las propiedades reológicas de una salsa blanca después del calentamiento y la congelación. Tesis M.S Universidad en Ciencia e Ingeniería de Alimentos, Valencia (España), 25 p.
7. Arocas A., Sanz T., Fiszman S. M. 2009. Improving effect of xhantan and locus bean gums on the freeze-thaw stability of White sauces made with different native starches. Food Hydrocolloids 23. 2478–2484.
8. Badui D. S. 1990. Química de los Alimentos. Segunda edición. Editorial Alhambra Mexicana, México, 649 pp.
9. BAM-FDA. 2011. Bacteriological Analytical Manual Online. Food Drug Administration. [cited; Available from: <http://www.cfsan.fda.gov/~ebam/d-toc.html>
10. Barreiro M. J., Sandoval B. A. 2006. Operaciones de Conservación de Alimentos a Bajas Temperaturas. Editorial Equinoccio, Venezuela, pp 343.
11. Bhandari M.J. Kawabata J.2004. Organic acid, phenolic content and antioxidant activity of wild yam (*Dioscorea spp*) tubers of Nepal. Food Chemistry 88. p 163–168.

12. Branen, A. L., Davidson P. M., Salminen S., Thorngate III, J.H. 2001. Food Additives. Second Edition. Marcel Dekker Inc. New York, United States. pp 388.
13. Cubero N., Monferrer A., Villalta J. 2002. Aditivos Alimentarios. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. pp239.
14. Del Rosario P.M. Calderón P. D. 2000. Microbiología Alimentaria. Metodología Analítica para Alimentos y Bebidas. Segunda edición. Edita Díaz Salas S.A. España, p 3-427.
15. Departamento de Agricultura de Puerto Rico, 2008. Estado Libre y Asociado de Puerto Rico. Departamento de Agricultura. Oficina de Estadísticas Agrícolas. Ingreso Bruto Agrícola. Año Fiscal 2008-2009. San Juan, Puerto Rico. Págs 1-19. [cited; Available at: <http://www.gobierno.pr/NR/rdonlyres/EF6A0AB0-8FA4-43AE-AF8B-2D69674A0DB1/0/EscritoIngresoBrutoAgricola200809.pdf>.
16. Encyclopedia Britannica. 1994. Dictionary of Art and Sciences, compiled upon a new plan, Volume III. Society of gentlemen in Scotland, pp 953.
17. Eskin, M. and D. Robinson, *Food Shelf Life Stability, Chemical, Biochemical, and Microbiological Changes*, ed. C.P. 2001. Massachusetts.
18. Erickson, M. C. y Yen, H. C. 1997. Quality in frozen food. Chapman & Hall printed in the United States, 487pp.
19. FAO. 1986. Suplemento al Informe de Pesca N° 421 de la Consulta Técnica sobre Utilización y Mercadeo de Pescado de América Latina. Santiago, Chile, pp 209.
20. FAO. 1990. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Utilización de alimentos tropicales: Raíces y tubérculos. Roma, Italia. pp 29-36.
21. FAOSTAT - Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2010. Available at: <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>
22. FAO/WHO (Food and Agriculture Organization/World Health Organization) (1976): Recommended international code of practice for the processing and handling of quick frozen foods. CAC/RCP 8. [http://www.codexalimentarius.net/download/standards/285/CXP\\_008e.pdf](http://www.codexalimentarius.net/download/standards/285/CXP_008e.pdf).
23. Farid M. M. 2010. Mathematical Modeling of Food Processing. Taylor & Francis Group, New York, 953 pp.

24. Fennema O. 1996. Food Chemistry. Third Edition. Marcel Dekker, Inc. United States of America, pp 1262.
25. Fernández F.C. 2008. Caracterización reológica y optimización de la textura de purés de patata frescos y congelados. Efectos del proceso y adición de crioprotectores. Tesis para optar el grado de Doctor por la Universidad Complutense de Madrid, España. p 1-447.
26. Fontánez Y. B. 2005. Determinación del perfil microbiológico de la almeja (*Lucina pectinata* Gmelin, 1791), del ostión de mangle MANGLE (*Crassostrea rhizophorae* Guilding, 1828) y las aguas de extracción de bivalves de la zona suroeste de Puerto Rico. Tesis para optar el grado de Maestría de Universidad de Puerto Rico, recinto de Mayaguez. p 1-64.
27. Food and Drugs. 1991. The Code of Federal Regulations of The United States of America. U.S Government printed Office Washington, United States of America, pp 681.
28. Friedman, H.H., Whitney, J.E., and Szczesnaik, A.S. 1963. The texturometer—A new instrument for objective texture measurement. J. Food Sci., 28( 4) p 390-396.
29. García G., Quintero R., López M. 2004. Biotecnología Alimentaria. Editorial Limusa. Quinta Edición, México. p 5-617.
30. Hata Y., Reguero M. T., Arteaga L., Buitrago G., Álvarez A. 2003. Evaluación del contenido de sapogeninas en variedades nativas de ñame (*Dioscorea spp.*), provenientes de la colección de la universidad de Córdoba. Rev. Col. Cienc. Quím. Farm, 32(2). p 149-157.
31. Heredia N., Wesley I., García S. 2009. Microbiologically Safe Foods. A John Wiley & Sons, INC., Publication, United States of America, pp 364.
32. Hernández A. E. 2005. Evaluación Sensorial. Primera Edición. Centro Nacional de Medios para Aprendizaje, Universidad Nacional Abierta a Distancia (UNAD), Bogotá, Colombia, pp 115.
33. Hernández A.G. 2010. Tratado de Nutrición: Composición y Calidad Nutritiva de los Alimentos. Tomo II. Segunda Edición. Editorial Médica Panamericana, Madrid, España, pp 765.
34. Huang C. C., Chiang P.Y., Chen Y.Y., Wang C.C. 2007. Chemical compositions and enzyme activity changes occurring in yam (*Dioscorea alata* L.) tubers during growth. Asia University, Wufeng 413, Taiwan (LWT). 40. p 1498–1506.

35. Hui Y. H., Cornillon P., Guerrero L. I., Lim M. H., Murell K. D., Waip K.N. 2004. Handbook of Frozen food. Marcel Dekker Inc. New York, 978 pp.
36. IFTS. 1993. Keynote: Newsletter of UK Inst. Of Food Sci. Tech. Dec.1993.
37. Jay J. M., Loessner M. J., Golden D. A. 2005. Modern Food Microbiology. Seventh Edition. Editorial Board, United States of America, pp 751.
38. Karel M., Lund D. B. 2003. Physical Principles of Food Preservation. Editorial Board, Second Edition, United States, 496 pp.
39. Kouakou M., Dabonne S., Tagro S., Kouame L. 2010. Effects of post-harvest storage on some biochemical parameters of different parts of two yams species (*Dioscorea* spp) African Journal of Food Science and Technology Vol. 1(1) pp. 001-009.
40. León J. 2000. Botánica de los cultivos tropicales. Tercera Edición. Editorial Agroamérica del IICA. Costa Rica. P 488-492.
41. Lebot V. 2009. Tropical Root and Tuber Crops. p 193-210.
42. Lersch M. 2008. Texture a hydrocolloid recipe collection. V 2.2 p 1-88.
43. Man, D. and A. Jones, *Shelf-life evaluation of foods*. 2 ed. 2002.
44. Meilgaard M., Civille G., Carr T.1999. Sensory Evaluation Techniques. 3<sup>rd</sup> Edition. CRC Press LLC. United States of America. p 43-56.
45. Moreno B. 2006. Higiene e inspección de carnes. Parte I. Ediciones Díaz Santos, Impreso en España, p 623.
46. NASS-USDA. 2007. National Agriculture Statistic Service. Unites Stated Department of Agriculture. Census of Agriculture Puerto Rico island and Municipio Data. Volume 1. Geographies Area Series. Part 52. p 18-218.
47. Navas G.N. 2011. Optimización y determinación del largo de vida útil de mezcla a base de calabaza (*Cucurbita moschata*). Tesis para optar a grado de Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad de Puerto Rico, Recinto de Mayaguez, p 1-86.
48. Nicoli M. C. 2012. Shef Life Assessment of food. CRC press Taylor & Francis group, New York, 247pp.
49. Nielsen S. S. 1998. Food Analysis. Second Edition. Aspen Publishers Inc, United States of America, pp 595.
50. Nollet L. M. L., Toldrá F. 2010.Sensory Analysis of Food of Animal Origin.CRC Press Taylor and Francis Group, LLC, United States of America, pp 435.

51. Olivas E. E., Alarcón L. R. 2004. Manual de prácticas de microbiología básica y microbiología de alimentos. Universidad Autónoma de Ciudad de Juárez, México, p 107.
52. Onwueme I.C. 1978. The Tropical Tuber Crops: yams, cassava, sweet potato, and cocoyams. Wiley, Chichester (Reino Unido), 234 pp.
53. Onwueme I.C., Charles W. B. 1994. Tropical root and tuber crops. Production, perspectives and future prospects. FAO. Food and Agriculture Organization of The United Nations. Plant Production and Protection Paper 126. p 51-53.
54. Osunde Z. D. 2008. Minimizing Postharvest Losses in Yam (*Dioscorea* spp.) Treatments and Techniques. Department of Agricultural and Bioresources Engineering, Federal University of Technology, Minna Nigeria. p 1-12.
55. Pamplona R. J. 2006. Salud por los Alimentos. Equipo Editorial Safeliz, España, pp 376.
56. Parish .M. E., Beuchat T. V., Suslow L.J., Harris E. H., Garrett. J. N., Farber F.F., Busta. 2003. Methods to Reduce/Eliminate Pathogens from Fresh and Fresh-Cut Produce— COMPREHENSIVE REVIEWS IN FOOD SCIENCE AND FOOD SAFETY. Vol. 2 (Supplement), pp 161-173.
57. Parker R. 2003. Introduction to Food Science. Delmar Thomson Learning Inc. United States of America, pp 639.
58. Pearson A. M., Guillett GT. A. 1999. Processed Meat. Third Edition. Editorial Services: Ruth Bloom. Printed United States of America, pp 438.
59. Peter K. V. 2007. Underutilized and Underexploited Horticultural Crops. Vol 1. Jai Bharat Printing Press, Delhi, India, pp 378.
60. Phillips G. O., Williams P.A. 2000. Handbook of Hydrocolloids. Published by CRC Press LLC, United States of America, pp 39.
61. Potter N. N., Hotchkiss J. H. 1998. Food Science. Fifth Edition. An Asped Publication. United States of America, pp 593.
62. Prats G. 2008. Microbiología Clínica. Editorial Médica Panamericana S. A. Impreso en Madrid, España, p 363.
63. Purseglove J. 1972. Tropical Crops: monocotyledons. Volumen 1. p 1-607.
64. Quellen F. S. 2008. The Chemistry of Household Ingredients. First Edition. Published by Chicago Review Press, United States of America, pp

65. Rietscher R. L., Fowler J. 2008. Fisher's Contact Dermatitis. BC Decker Inc. United States of America. pp 804.
66. Rodríguez, W. 2000. Botánica, domesticación y fisiología del cultivo de ñame (*Dioscorea alata*). En: *Agronomía Mesoamericana* 11. p 133-152.
67. Royero M., Vargas T., Oropeza M. 2007. Micropropagación y organogénesis de *Dioscorea alata* (ñame). *INTERCIENCIA*. Vol 32. N°4. P 247-252.
68. Salazar E. Marcano M. 2011. La harina de ñame (*Dioscorea alata*), un ingrediente potencial en la elaboración de productos de panadería. Universidad de Oriente, Venezuela. Vol. 23 N° 2: 134-140.
69. Sharapin N. 2000. Fundamentos de Tecnología de Productos Fitoterapéuticos. Editor Roberto Pinzón S. p 91-99.
70. Sikorski, Z. E. 2006. Chemical and Functional of Food Components. Third Edition. CRC Press Taylor & Francis Group. New York, United States, pp 487.
71. Skin A., Robinson D. 2001. Food Shelf Life Stability. First Edition. CRC press. p 1-82.
72. Srebernish. S. M. 2007. Using chlorine dioxide and peracetic acid as substitutes for sodium hypochloride in the sanitization of minimally processed green seasoning. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, 27(4): 744-750.
73. Suhr K. I., Nielsen P. V. 2004. Effect of weak acid preservatives on growth of bakery product spoilage fungi at different water activities and pH values. [Int J Food Microbiol.](#) 2004 Aug 15;95(1):67-78
74. Sun D. W. 2012. Handbook of frozen Food Processing and Packaging. Second Edition. Taylor & Francis Book Group LLC. p 4-37.
75. Suslow T. 1997. Postharvest Chlorination Basic Properties and Key Points for Effective Disinfection. Publication 8003. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, pp 1-8.
76. Szczesnaik, A.S. 1995. Texture profile analysis—Methodology interpretation clarified. *J. Food Sci.*, 60(6), vii.
77. Stanley, O.T. 2004. Food and Nutritional Toxicology. CRC Press. United States of America. pp 978.
78. U.S. Food and Drug Administration and International Food Information Council. *Food Ingredients and Colors*. 2004.

79. USFDA-CFSAN (U.S. Food and Drug Administration–Center for Food Safety and Applied Nutrition) (2003): 21 CFR 135 Frozen desserts. <http://www.cfsan.fda.gov/~lrd/cfr110.html>.
80. Vasek o., Fusco A., De Giori S. 2000. Queso artesanal de Corrientes: Caracterización Bioquímica y Fisicoquímica. Universidad Nacional del Nordeste, Argentina. p 1-4.
81. Vlacavik V.A., Christian A. W. 2008. Essentials of Food Science. Third Edition. Springer, Unites Stated of America, pp 526.
82. Vercet A., Oria R., Marquina P., Crelier S., López B. 2002. Rheological Propperties of Yoghurt Made with Milk Submitted to Manothermosonication. *J. Agric. Food. Chem.* 50, p 6165-6171.
83. Waizel B. J. 2009. El uso tradicional de las especies del género *Dioscorea*. *Revista de Fitoterapia*. Volumen 9. N°1. Págs 53-87.
84. Walker H. W, LaGrange W.S. 1991. Sanitation in food manufacturing operations. In: Block SE, editor. *Disinfection, sterilization, and preservation*. 4th ed. Philadelphia (PA): Lea & Febiger.
85. Walker G. M. 1998. *Yeast Physiology and Biotechnology*. John Wiley & Sons Ltd, British Library Cataloging in Publication Data, England, p 321.
86. Whitehead W. E., Bodyfelt F. W., Sandine W. E. 1993. Efficacy of freezing in eliminating infectivity of *Trichinella spiralis* in boxed pork products. *J. Food Protect.* 48:196-199.

## APÉNDICE

### A. Materiales y Procesamiento de la mezcla a base de ñame

#### A1 Ñame (*Dioscorea alata* L.)



#### A2 Lavado de ñame con agua potable a presión A3 Desinfección de ñame en agua clorada



**A4 Desinfección de culantro en agua clorada**



**A5 Culantro en procesador industrial**



**A6 Culantro procesado**



### A7 Queso molido en procesador industrial



### A8 Guayado de los ajos



**A9 Materiales mezclados en mezcladora industrial “marca Barco modelo M20”**



**A10 Materiales Preparados**



## B. Evaluación a la mezcla

### B1 Determinación de pH



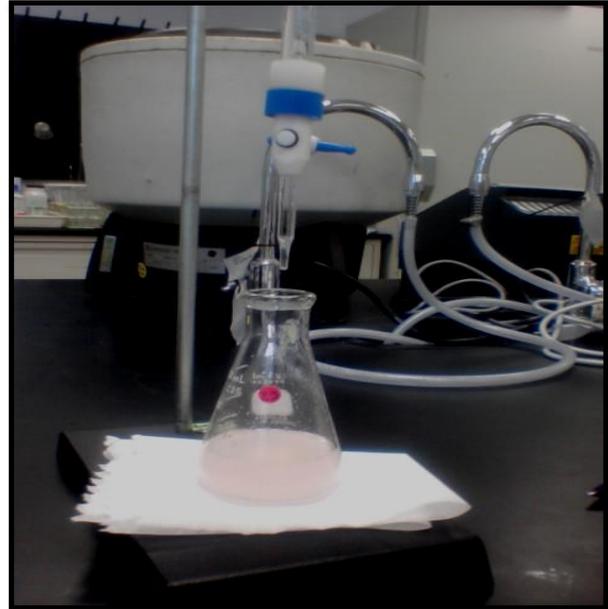
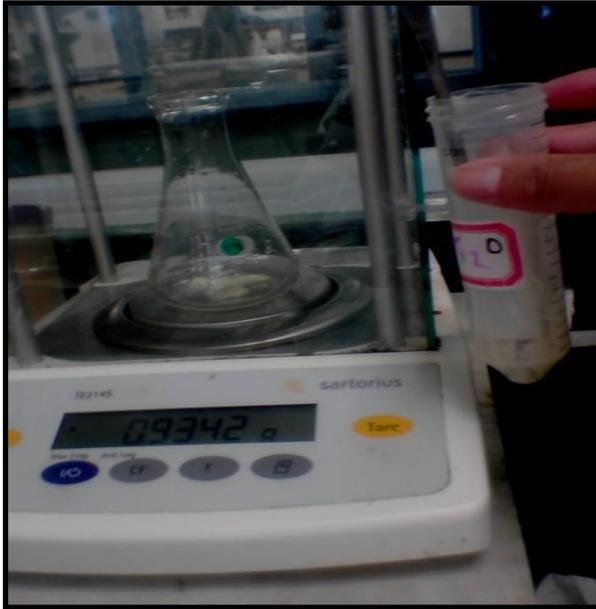
### B2 Prueba de Actividad de agua (Aw)



### B3 Homogenización de las muestras en una incubadora de agitación en el análisis de índice de valor de acidez



**B4 Pesaje de las muestras en balanza analítica**    **B5 Titulación de las muestras de la prueba de prueba de índice de valor de acidez**



**B6 Determinación del color**



### B7 Prueba de sinéresis a las muestras



### B8 Centrifugación de las muestras en prueba de capacidad de retención de agua



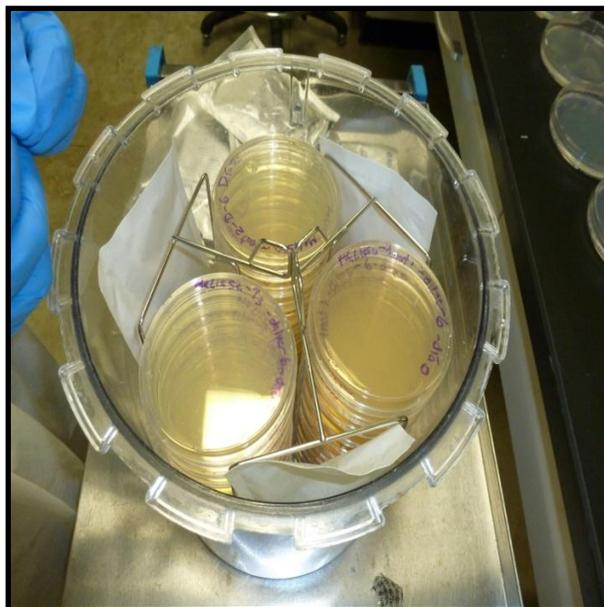
**B9 Muestras de los tres tratamientos después de centrifugación**



**B10 Proceso de análisis microbiológico a las muestras**



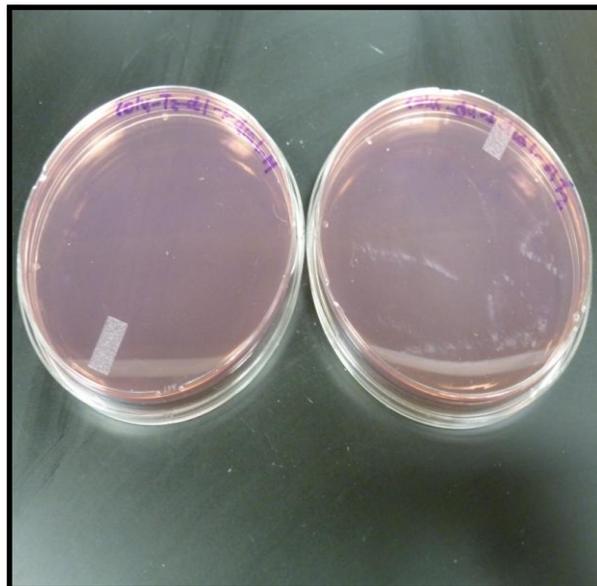
## B11 Platos con bacterias ácido lácticas en cámaras anaerobias



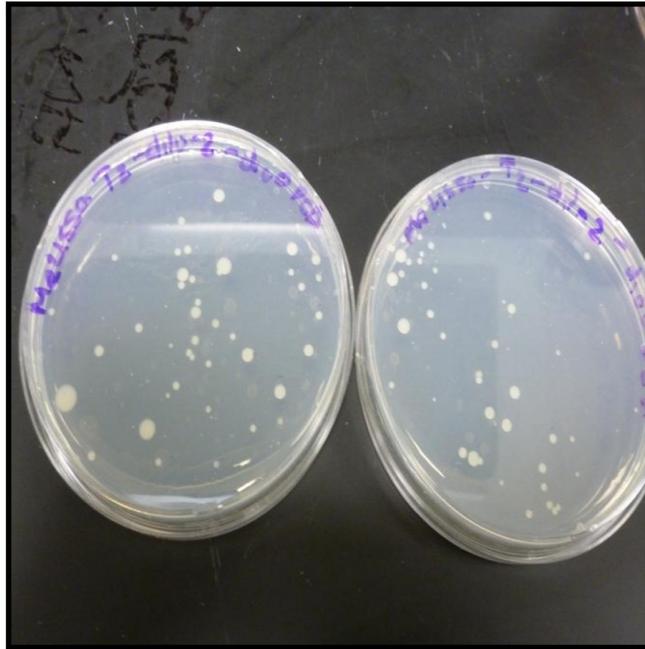
**B12 Platos de agar PCA, MRS y PDA incubados**



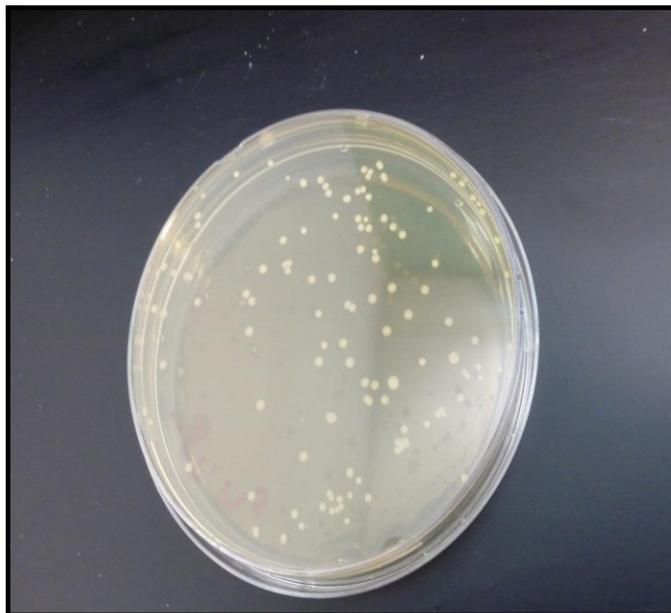
**B13 Sin crecimiento microbiano en platos de agar VRBA**



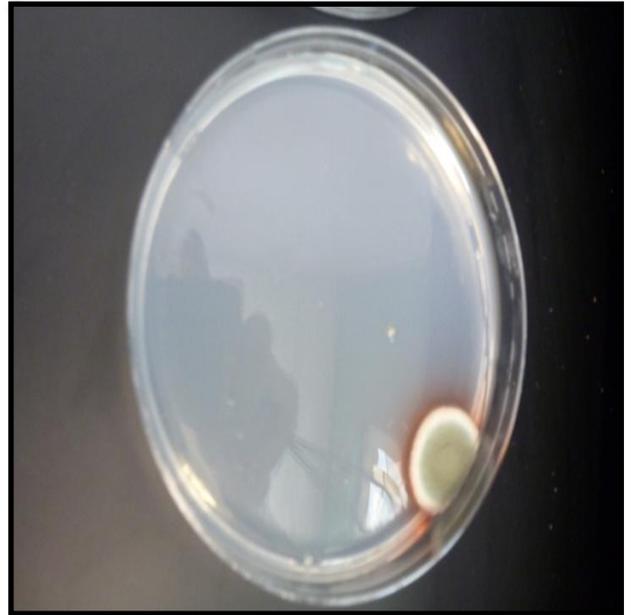
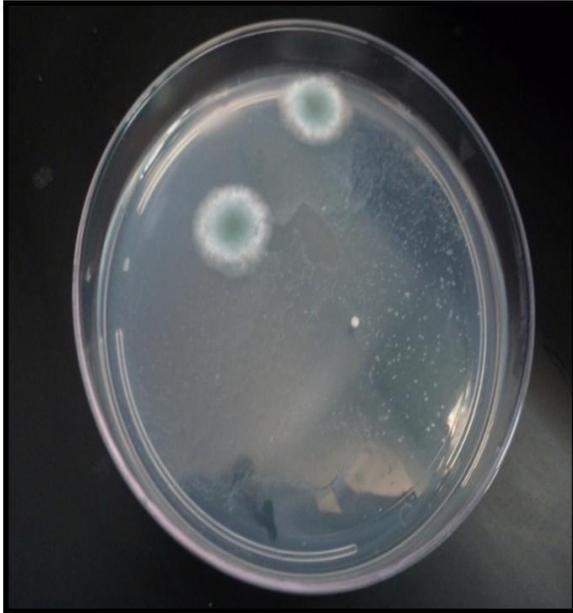
**B14 Crecimiento bacteriano en platos de agar PCA**



**B15 Crecimiento bacteriano en platos de agar MRS**



**B16 Crecimiento en medio PDA**



**B.17 Determinación de Humedad**



**B.18 Determinación de proteína bruta**



**B.19 Determinación de cenizas**



**B.20 Determinación de grasa cruda**



## C. Evaluación a los bizcochitos a base de ñame

### C1 Elaboración y horneado de los bizcochitos a base de ñame



### C2 Altura de los bizcochitos



### C3 Textura de los bizcochitos



**C4 Muestras de bizcochitos del análisis sensorial de preferencia**



**C5 Hoja de panelista, muestras y agua**



**C6. Panelistas degustando los bizcochitos**



**APÉNDICE C7. Hoja del Experimentador de la prueba sensorial de preferencia**

**Hoja del Experimentador**

**Nombre del experimentador:** Melissa Cáceres **Fecha:** 1/10/2012

**Tipo de prueba:** Prueba de preferencia de ordenamiento simple

**Tipo de muestra:** bizcochitos de ñame

**Lugar:** CITA

<b>Código</b>	<b>Muestras</b>	<b>Descripción</b>
A	Muestra 1	Bizcochito de ñame con goma 0%
B	Muestra 2	Bizcochito de ñame con goma 0.15%
C	Muestra 3	Bizcochito de ñame con goma 0.30%

Panelistas	Combinación	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Panelistas	Combinación	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
1	ABC	111	222	333	28	ACB	140	034	277
2	BAC	002	010	030	29	BCA	652	035	181
3	ACB	198	993	992	30	CAB	036	199	274
4	CBA	330	442	541	31	ABC	881	092	043
5	CAB	373	001	020	32	BAC	062	019	053
6	ABC	100	772	403	33	CAB	365	105	702
7	BAC	902	701	003	34	ACB	106	366	720
8	ACB	011	703	022	35	CBA	367	242	115
9	CBA	030	200	910	36	ABC	116	252	368
10	ABC	801	402	393					
11	CBA	383	282	110					
12	BAC	502	601	343					
13	CAB	300	771	982					
14	ABC	571	029	039					
15	BCA	662	773	991					
16	CAB	530	167	292					
17	ACB	441	603	682					
18	BCA	802	380	901					
19	BAC	042	061	399					
20	BCA	072	083	016					
21	CAB	533	140	277					
22	ACB	181	038	652					
23	CBA	377	274	199					
24	BCA	092	363	881					
25	BAC	062	019	037					
26	BCA	702	374	105					
27	ABC	106	720	354					

## APÉNDICE C8. Hoja de panelista del análisis sensorial de preferencia

### Hoja del Panelista Bizcochitos de ñame

Número de Panelista: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

**Instrucciones:** Se le entregarán tres muestras codificadas con números de tres dígitos. Por favor, escriba los números de las muestras en los espacios provistos abajo. Pruebe cada muestra y tome agua entre las muestras para refrescar sus receptores. Luego, determine el orden de las muestras según su preferencia. Asigne el valor de “1” a la muestra de menor preferencia y “3” a la de mayor preferencia.

Muestra                    \_\_\_\_\_                    \_\_\_\_\_                    \_\_\_\_\_

Preferencia                \_\_\_\_\_                    \_\_\_\_\_                    \_\_\_\_\_

Si este producto estuviera de venta en el Mercado ¿Lo compraría?

\_\_\_\_\_

Comentarios

\_\_\_\_\_

## APÉNDICE C9. Hoja de panelista del análisis sensorial de preferencia



Universidad de Puerto Rico  
Recinto Universitario de Mayagüez  
Facultad de Ciencias Agrícolas  
Programa de Ciencia y Tecnología de Alimentos

### *Hoja de Consentimiento Informado*

*Yo, Melissa Carolina Cáceres Rayme estudiante de maestría en el Programa de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Estoy llevando a cabo un estudio que tiene el propósito de elaborar una mezcla a base de ñame (*Dioscorea alata* L.) y evaluar el efecto de la congelación y refrigeración mediante largo de vida útil, características fisicoquímicas y análisis sensorial. A usted lo estamos invitando a participar en dicho estudio. Su participación consistirá determinar el orden de preferencia de las muestras asignándole el valor de "1" a la muestra de menor referencia y "3" a la de mayor preferencia. Su participación en el estudio es libre y es voluntaria. Esto significa que usted está en libertad de participar o no participar en el mismo, si así lo decidiera durante cualquier etapa del estudio. Si esto ocurre, déjele saber su decisión a la persona a cargo de la investigación.*

*La información que usted nos brinde en el panel sensorial es anónima y confidencial. Esto quiere decir que la hoja de evaluación que se le proporcionará no llevará nombre o información que lo identifique. La información que usted brinde se utilizará sólo con propósito del estudio. Una vez complete la hoja de evaluación, ésta se archivará bajo llave en la oficina de la Dra. Edna Negrón, presidente del comité de investigación, en el Centro de Innovación Tecnológica y Agro Industrial (CITAI) del RUM, y será destruida una vez se culmine el estudio y se analicen los datos obtenidos.*

*Usted no recibirá beneficios, es decir, incentivos económicos por participar en este estudio.*

*No se espera que usted sufra daños por participar en este estudio. Sin embargo, si se siente incómodo con una o varias preguntas de la hoja de evaluación, está en libertad de no contestarla. Debido a que los bizcochitos horneados contienen huevo y preservativos (ácido ascórbico y sorbato de potasio), usted no debe padecer de alguna condición alérgica a estos ingredientes, de ser así, por favor notifíquelo al investigador. De sentir algún malestar durante la evaluación, infórmelo inmediatamente a la persona que administra el panel sensorial y se dará por terminada su participación.*

*Si usted tiene alguna duda acerca del estudio puede aclararla ahora o en cualquier momento que lo desee. Si no queda satisfecho con la información ofrecida o tiene algún otro comentario, favor de comunicarlo ahora o contactarme al 787-906-7610. También me puede escribir a [melissa.caceres2@upr.edu](mailto:melissa.caceres2@upr.edu)*

*Muchas gracias.*

*He leído esta hoja de consentimiento y he escuchado la explicación dada por el investigador o su representante. Se me ha dado la oportunidad de hacer preguntas acerca de este proyecto y las mismas me han sido contestadas a mi satisfacción. Mi firma en este documento certifica que yo soy mayor de edad, que tengo capacidad legal para consentir, y que consiento a participar.*

\_\_\_\_\_  
*Firma del participante / Fecha*

\_\_\_\_\_  
*Firma del Investigador / Fecha*

*Certifico que no tengo alergia al huevo ni a los preservativos (ácido ascórbico y sorbato de potasio) u otra condición médica que me impida ingerir o entrar en contacto con las muestras.*

\_\_\_\_\_  
*Firma del participante / Fecha*

\_\_\_\_\_  
*Firma del Investigador / Fecha*

**APÉNDICE C.10 Permiso del Comité para la Protección de los Seres Humanos en la Investigación (CPSHI) para realizar pruebas sensoriales**



**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



---

15 de noviembre de 2012

Melissa Carolina Cáceres Rayme  
3021 Calle Ramón Power  
Urb. Mayagüez Terrace  
Mayagüez, PR. 00680

Estimada Sa. Cáceres Rayme:

El Comité para la Protección de los Seres Humanos en la Investigación (CPSHI) ha considerado la Solicitud de Revisión y demás documentación sometida para su proyecto titulado *Elaboración de mezcla a base de ñame (Dioscorea alata L.) y evaluación del efecto de refrigeración y congelación mediante largo de vida útil, características fisicoquímicas y análisis sensorial* y ha determinado que su estudio, debido a que consiste únicamente en la evaluación de la preferencia sensorial de un alimento cuyos ingredientes están por debajo del nivel aprobado como seguro, está exento bajo el inciso 45 CFR 46.101(b)(6) de todos los requisitos de 45 CFR parte 46, incluyendo el de consentimiento informado.

Cualquier cambio al protocolo deberá ser revisado y aprobado por el CPSHI antes de su implantación. El CPSHI deberá ser informado de inmediato de cualquier efecto adverso o problema inesperado que surja con relación al riesgo de los seres humanos, así como también de cualquier queja sobre esta investigación.

Agradecemos su compromiso con los más altos estándares de protección de los seres humanos y le deseamos éxito en su investigación.

Atentamente,  
  
Rosa F. Martínez Cruzado, Ph.D.  
Presidente  
CPSHI/IRB – RUM

Teléfono: (787) 832 - 4040 x 3196, 3807, 3808 – Fax: (787) 831-2085 – Página Web: [www.uprm.edu/cpsih](http://www.uprm.edu/cpsih)  
Email: [cpsih@uprm.edu](mailto:cpsih@uprm.edu)

## APÉNDICE D. Análisis estadístico

### D.1 pH

#### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
pH	180	1.00	0.99	0.06

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.31	9	0.03	3932.03	<0.0001
Refrig.	0.31	4	0.08	8846.20	<0.0001
Congelac.	1.2E-05	3	4.1E-06	0.47	0.7061
trat	1.8E-05	2	9.1E-06	1.03	0.3597
Error	1.5E-03	170	8.8E-06		
Total	0.31	179			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.00191

Error: 0.0000 gl: 170

Refrig. Medias	n	E.E.				
10	4.58	36	5.0E-04	A		
7	4.62	36	5.0E-04		B	
4	4.64	36	5.0E-04			C
1	4.67	36	5.0E-04			D
0	4.70	36	5.0E-04			E

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.00161

Error: 0.0000 gl: 170

Congelac. Medias	n	E.E.	
30	4.65	45	4.4E-04 A
60	4.65	45	4.4E-04 A
0	4.65	45	4.4E-04 A
90	4.65	45	4.4E-04 A

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.00127

Error: 0.0000 gl: 170

trat Medias	n	E.E.	
3	4.65	60	3.8E-04 A
2	4.65	60	3.8E-04 A
1	4.65	60	3.8E-04 A

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

## D.2 Aw

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Aw	180	0.98	0.98	0.14

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.01	9	1.6E-03	937.68	<0.0001
Congelac.	3.2E-07	3	1.1E-07	0.06	0.9795
trat	3.4E-03	2	1.7E-03	1012.77	<0.0001
Refrig.	0.01	4	2.7E-03	1603.35	<0.0001
Error	2.9E-04	170	1.7E-06		
Total	0.01	179			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.00071

Error: 0.0000 gl: 170

Congelac.	Medias	n	E.E.	
90	0.96	45	1.9E-04	A
0	0.96	45	1.9E-04	A
60	0.96	45	1.9E-04	A
30	0.96	45	1.9E-04	A

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.00056

Error: 0.0000 gl: 170

trat	Medias	n	E.E.	
3	0.95	60	1.7E-04	A
2	0.96	60	1.7E-04	B
1	0.96	60	1.7E-04	C

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.00084

Error: 0.0000 gl: 170

Refrig.	Medias	n	E.E.	
10	0.95	36	2.2E-04	A
7	0.95	36	2.2E-04	B
4	0.96	36	2.2E-04	C
1	0.96	36	2.2E-04	D
0	0.97	36	2.2E-04	E

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

### D.3 Color

#### Análisis de la varianza

L\*

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
L*	180	0.99	0.99	0.02

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3.70	9	0.41	2051.37	<0.0001
Congelac.	5.8E-05	3	1.9E-05	0.10	0.9623
trat	2.4E-04	2	1.2E-04	0.61	0.5443
Refrig.	3.70	4	0.92	4615.21	<0.0001
Error	0.03	170	2.0E-04		
Total	3.73	179			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.00768

Error: 0.0002 gl: 170

Congelac.	Medias	n	E.E.	
30	68.35	45	2.1E-03	A
0	68.35	45	2.1E-03	A
90	68.35	45	2.1E-03	A
60	68.35	45	2.1E-03	A

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.00607

Error: 0.0002 gl: 170

trat	Medias	n	E.E.	
3	68.35	60	1.8E-03	A
1	68.35	60	1.8E-03	A
2	68.35	60	1.8E-03	A

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.00912

Error: 0.0002 gl: 170

Refrig.	Medias	n	E.E.				
0	68.14	36	2.4E-03	A			
1	68.25	36	2.4E-03		B		
4	68.34	36	2.4E-03			C	
7	68.45	36	2.4E-03				D
10	68.55	36	2.4E-03				E

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

a\*

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
a*	180	0.99	0.99	0.36

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	5.30	9	0.59	2414.55	<0.0001
Congelac.	5.0E-05	3	1.7E-05	0.07	0.9770
trat	3.1E-05	2	1.6E-05	0.06	0.9382
Refrig.	5.30	4	1.32	5432.66	<0.0001
Error	0.04	170	2.4E-04		
Total	5.34	179			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.00847

Error: 0.0002 gl: 170

Congelac.	Medias	n	E.E.	
90	4.33	45	2.3E-03	A
60	4.33	45	2.3E-03	A
30	4.33	45	2.3E-03	A
0	4.33	45	2.3E-03	A

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.00669

Error: 0.0002 gl: 170

trat	Medias	n	E.E.	
2	4.33	60	2.0E-03	A
3	4.33	60	2.0E-03	A
1	4.33	60	2.0E-03	A

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.01006

Error: 0.0002 gl: 170

Refrig.	Medias	n	E.E.				
0	4.05	36	2.6E-03	A			
1	4.24	36	2.6E-03		B		
4	4.35	36	2.6E-03			C	
7	4.45	36	2.6E-03				D
10	4.55	36	2.6E-03				E

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

b\*

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
b*	180	0.99	0.99	0.05

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	5.29	9	0.59	2531.08	<0.0001
Congelac.	3.8E-04	3	1.3E-04	0.55	0.6520
trat	8.8E-04	2	4.4E-04	1.90	0.1532
Refrig.	5.29	4	1.32	5693.58	<0.0001
Error	0.04	170	2.3E-04		
Total	5.33	179			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.00827

Error: 0.0002 gl: 170

Congelac.	Medias	n	E.E.	
0	28.47	45	2.3E-03	A
90	28.47	45	2.3E-03	A
60	28.47	45	2.3E-03	A
30	28.47	45	2.3E-03	A

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.00653

Error: 0.0002 gl: 170

trat	Medias	n	E.E.	
1	28.47	60	2.0E-03	A
3	28.47	60	2.0E-03	A
2	28.47	60	2.0E-03	A

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.00982

Error: 0.0002 gl: 170

Refrig.	Medias	n	E.E.				
0	28.25	36	2.5E-03	A			
1	28.35	36	2.5E-03		B		
4	28.45	36	2.5E-03			C	
7	28.55	36	2.5E-03				D
10	28.75	36	2.5E-03				E

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

## D.4 Análisis proximal

### Análisis de la varianza

% PRO B.S

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
% PRO B.S	9	0.60	0.47	6.01

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4.2E-05	2	2.1E-05	4.48	0.0645
trat	4.2E-05	2	2.1E-05	4.48	0.0645
Error	2.8E-05	6	4.7E-06		
Total	7.0E-05	8			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.00542

Error: 0.0000 gl: 6

trat	Medias	n	E.E.	
3	0.03	3	1.2E-03	A
2	0.04	3	1.2E-03	A
1	0.04	3	1.2E-03	A

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

% GRA B.S

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
% GRA B.S	9	0.97	0.96	0.60

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.80	2	0.40	93.00	<0.0001
trat	0.80	2	0.40	93.00	<0.0001
Error	0.03	6	4.3E-03		
Total	0.82	8			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.16391

Error: 0.0043 gl: 6

trat	Medias	n	E.E.	
3	10.56	3	0.04	A
2	10.97	3	0.04	B
1	11.29	3	0.04	C

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

% CENIZA B.S

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
% CENIZA B.S	9	0.97	0.95	0.66

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.29	2	0.15	85.77	<0.0001
trat	0.29	2	0.15	85.77	<0.0001
Error	0.01	6	1.7E-03		
Total	0.30	8			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.10339

Error: 0.0017 gl: 6

trat	Medias	n	E.E.	
3	6.02	3	0.02	A
2	6.34	3	0.02	B
1	6.45	3	0.02	C

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

% HUMEDAD

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
% HUMEDAD	9	0.95	0.94	0.30

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	5.47	2	2.74	59.72	0.0001
trat	5.47	2	2.74	59.72	0.0001
Error	0.27	6	0.05		
Total	5.75	8			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.53613

Error: 0.0458 gl: 6

trat	Medias	n	E.E.	
3	69.39	3	0.12	A
2	70.69	3	0.12	B
1	71.25	3	0.12	C

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

% CHO B.S

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
% CHO B.S	9	0.97	0.96	2.16

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	14.20	2	7.10	100.06	<0.0001
trat	14.20	2	7.10	100.06	<0.0001
Error	0.43	6	0.07		
Total	14.62	8			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.66727

Error: 0.0709 gl: 6

trat	Medias	n	E.E.	
1	10.98	3	0.15	A
2	11.96	3	0.15	B
3	13.99	3	0.15	C

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

## D.5 Sinéresis

Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
% sinéresis	180	0.99	0.99	3.98

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	598.97	9	66.55	2879.71	<0.0001
Congelac.	0.02	3	0.01	0.34	0.7942
Refrig.	0.05	4	0.01	0.53	0.7117
trat	598.89	2	299.45	12957.11	<0.0001
Error	3.93	170	0.02		
Total	602.90	179			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.08247

Error: 0.0231 gl: 170

Congelac.	Medias	n	E.E.	
90	3.81	45	0.02	A
60	3.81	45	0.02	A
0	3.82	45	0.02	A
30	3.84	45	0.02	A

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.09792

Error: 0.0231 gl: 170

Refrig.	Medias	n	E.E.	
0	3.79	36	0.03	A
10	3.81	36	0.03	A
1	3.83	36	0.03	A
7	3.83	36	0.03	A
4	3.84	36	0.03	A

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.06515

Error: 0.0231 gl: 170

trat	Medias	n	E.E.		
3	1.86	60	0.02	A	
2	3.36	60	0.02		B
1	6.25	60	0.02		C

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

## D.6 Capacidad de retención de agua

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
% capacidad de retención d..	180	1.00	1.00	0.19

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	34345.92	9	3816.21	147484.96	<0.0001
refrigeración	0.02	4	4.8E-03	0.19	0.9458
congelación	0.06	3	0.02	0.74	0.5312
trat	34345.84	2	17172.92	663680.83	<0.0001
Error	4.40	170	0.03		
Total	34350.32	179			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.10361

Error: 0.0259 gl: 170

refrigeración	Medias	n	E.E.	
7	85.91	36	0.03	A
10	85.93	36	0.03	A
1	85.93	36	0.03	A
0	85.94	36	0.03	A
4	85.94	36	0.03	A

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.08727

Error: 0.0259 gl: 170

congelación	Medias	n	E.E.	
90	85.90	45	0.02	A
30	85.93	45	0.02	A
60	85.94	45	0.02	A
0	85.95	45	0.02	A

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.06893

Error: 0.0259 gl: 170

trat	Medias	n	E.E.	
1	66.53	60	0.02	A
2	93.67	60	0.02	B
3	97.59	60	0.02	C

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

## D.7 Valor de índice de acidez de grasa

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Valor de índice de acidez	180	1.00	1.00	1.70

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.03	9	2.9E-03	9815.06	<0.0001
Congelac.	1.8E-06	3	5.9E-07	1.99	0.1179
trat	1.4E-07	2	6.9E-08	0.23	0.7935
Refrig.	0.03	4	0.01	22082.29	<0.0001
Error	5.0E-05	170	3.0E-07		
Total	0.03	179			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.00030

Error: 0.0000 gl: 170

Congelac.	Medias	n	E.E.	
90	0.03	45	8.1E-05	A
60	0.03	45	8.1E-05	A
0	0.03	45	8.1E-05	A
30	0.03	45	8.1E-05	A

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.00023

Error: 0.0000 gl: 170

trat	Medias	n	E.E.	
2	0.03	60	7.0E-05	A
3	0.03	60	7.0E-05	A
1	0.03	60	7.0E-05	A

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.00035

Error: 0.0000 gl: 170

Refrig.	Medias	n	E.E.	
0	0.02	36	9.1E-05	A
1	0.02	36	9.1E-05	B
4	0.03	36	9.1E-05	C
7	0.04	36	9.1E-05	D
10	0.05	36	9.1E-05	E

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

## D.8 Microbiología

### Análisis de la varianza

aerobios (log ufc/g)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
aerobios (log ufc/g)	90	1.00	1.00	0.53

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	136.25	7	19.46	47777.35	<0.0001
Congelac.	5.7E-06	1	5.7E-06	0.01	0.9061
trat	1.2E-03	2	5.8E-04	1.42	0.2480
Refrig.	136.25	4	34.06	83609.65	<0.0001
Error	0.03	82	4.1E-04		
Total	136.28	89			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.00846

Error: 0.0004 gl: 82

Congelac.	Medias	n	E.E.	
30	3.83	45	3.0E-03	A
0	3.83	45	3.0E-03	A

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.01244

Error: 0.0004 gl: 82

trat	Medias	n	E.E.	
3	3.82	30	3.7E-03	A
1	3.83	30	3.7E-03	A
2	3.83	30	3.7E-03	A

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.01877

Error: 0.0004 gl: 82

Refrig.	Medias	n	E.E.	
0	2.46	18	4.8E-03	A
1	2.72	18	4.8E-03	B
4	3.51	18	4.8E-03	C
7	4.74	18	4.8E-03	D
10	5.71	18	4.8E-03	E

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

ácidos lácticos (log ufc/g)

Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
ácidos lácticos (log ufc/g)	90	0.99	0.99	2.78

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	158.23	7	22.60	1995.84	<0.0001
Congelac.	0.02	1	0.02	1.55	0.2174
Refrig.	158.19	4	39.55	3492.04	<0.0001
trat	0.01	2	0.01	0.58	0.5623
Error	0.93	82	0.01		
Total	159.15	89			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.04463

Error: 0.0113 gl: 82

Congelac.	Medias	n	E.E.
30	3.81	45	0.02 A
0	3.84	45	0.02 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0$ )

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.09895

Error: 0.0113 gl: 82

Refrig.	Medias	n	E.E.
0	2.32	18	0.03 A
1	2.65	18	0.03 B
4	3.49	18	0.03 C
7	4.81	18	0.03 D
10	5.84	18	0.03 E

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.06559

Error: 0.0113 gl: 82

trat	Medias	n	E.E.
2	3.81	30	0.02 A
3	3.83	30	0.02 A
1	3.83	30	0.02 A

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

hongos (log ufc/g)

Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
hongos (log ufc/g)	90	0.97	0.97	21.91

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	22.79	7	3.26	410.53	<0.0001
Congelac.	2.5E-03	1	2.5E-03	0.32	0.5738
Refrig.	22.79	4	5.70	718.30	<0.0001
trat	1.5E-03	2	7.6E-04	0.10	0.9085
Error	0.65	82	0.01		
Total	23.44	89			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.03735

Error: 0.0079 gl: 82

Congelac.	Medias	n	E.E.	
0	0.40	45	0.01	A
30	0.41	45	0.01	A

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.08281

Error: 0.0079 gl: 82

Refrig.	Medias	n	E.E.	
4	0.00	18	0.02	A
1	0.00	18	0.02	A
0	0.00	18	0.02	A
7	0.90	18	0.02	B
10	1.13	18	0.02	C

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.05489

Error: 0.0079 gl: 82

trat	Medias	n	E.E.	
3	0.40	30	0.02	A
2	0.41	30	0.02	A
1	0.41	30	0.02	A

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

levaduras ( log ufc/g)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
levaduras ( log ufc/g)	90	0.96	0.96	41.59

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	9.20	7	1.31	297.33	<0.0001
Congelac.	0.00	1	0.00	0.00	>0.9999
trat	0.00	2	0.00	0.00	>0.9999
Refrig.	9.20	4	2.30	520.32	<0.0001
Error	0.36	82	4.4E-03		
Total	9.56	89			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.02788

Error: 0.0044 gl: 82

Congelac.	Medias	n	E.E.	
0	0.16	45	0.01	A
30	0.16	45	0.01	A

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.04098

Error: 0.0044 gl: 82

trat	Medias	n	E.E.	
3	0.16	30	0.01	A
2	0.16	30	0.01	A
1	0.16	30	0.01	A

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.06182

Error: 0.0044 gl: 82

Refrig.	Medias	n	E.E.	
1	0.00	18	0.02	A
0	0.00	18	0.02	A
7	0.00	18	0.02	A
4	0.00	18	0.02	A
10	0.80	18	0.02	B

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

## D.9 Altura de los bizcochitos

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Altura (mm)	180	1.00	1.00	0.25

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	296.90	9	32.99	5964.12	<0.0001
muestreo	0.02	3	0.01	1.33	0.2647
trat	296.86	2	148.43	26834.48	<0.0001
día	0.02	4	0.01	1.03	0.3922
Error	0.94	170	0.01		
Total	297.84	179			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.04035

Error: 0.0055 gl: 170

muestreo	Medias	n	E.E.	
90	30.21	45	0.01	A
30	30.21	45	0.01	A
60	30.22	45	0.01	A
0	30.24	45	0.01	A

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.03187

Error: 0.0055 gl: 170

trat	Medias	n	E.E.	
1	28.45	60	0.01	A
2	30.74	60	0.01	B
3	31.47	60	0.01	C

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.04790

Error: 0.0055 gl: 170

día	Medias	n	E.E.	
10	30.21	36	0.01	A
4	30.22	36	0.01	A
7	30.22	36	0.01	A
1	30.22	36	0.01	A
0	30.24	36	0.01	A

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

## D.10 Análisis sensorial

### Prueba de Friedman

Congelac.	trat 1	trat 2	trat 3	T <sup>2</sup>	p
0	1.93	2.08	1.99	0.67	0.5108

Minima diferencia significativa entre suma de rangos = 29.013

Tratamiento	Suma(Ranks)	Media(Ranks)	n	
trat 1	208.00	1.93	108	A
trat 3	215.00	1.99	108	A
trat 2	225.00	2.08	108	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.050$ )

Congelac.	trat 1	trat 2	trat 3	T <sup>2</sup>	p
30	2.00	2.06	1.94	0.45	0.6373

Minima diferencia significativa entre suma de rangos = 29.043

Tratamiento	Suma(Ranks)	Media(Ranks)	n	
trat 3	209.00	1.94	108	A
trat 1	216.00	2.00	108	A
trat 2	223.00	2.06	108	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.050$ )

Congelac.	trat 1	trat 2	trat 3	T <sup>2</sup>	p
60	1.94	2.08	1.98	0.62	0.5399

Minima diferencia significativa entre suma de rangos = 29.021

Tratamiento	Suma(Ranks)	Media(Ranks)	n	
trat 1	209.00	1.94	108	A
trat 3	214.00	1.98	108	A
trat 2	225.00	2.08	108	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.050$ )

Congelac.	trat 1	trat 2	trat 3	T <sup>2</sup>	p
90	2.01	1.96	2.03	0.12	0.8875

Minima diferencia significativa entre suma de rangos = 29.088

Tratamiento	Suma(Ranks)	Media(Ranks)	n	
trat 2	212.00	1.96	108	A
trat 1	217.00	2.01	108	A
trat 3	219.00	2.03	108	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.050$ )

## D.11 Textura

### Análisis de la varianza

#### dureza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
dureza	540	0.01	0.00	64.09

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	657693.05	9	73077.01	0.79	0.6251
Congelac.	388060.92	3	129353.64	1.40	0.2420
trat	96262.12	2	48131.06	0.52	0.5944
Refrig.	173370.02	4	43342.51	0.47	0.7585
Error	48982798.22	530	92420.37		
Total	49640491.27	539			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=95.22081

Error: 92420.3740 gl: 530

Congelac.	Medias	n	E.E.	
30	447.76	135	26.16	A
0	453.47	135	26.16	A
90	480.56	135	26.16	A
60	515.50	135	26.16	A

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=75.21649

Error: 92420.3740 gl: 530

trat	Medias	n	E.E.
3	456.21	180	22.66 A
2	478.75	180	22.66 A
1	488.01	180	22.66 A

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=113.05468

Error: 92420.3740 gl: 530

Refrig.	Medias	n	E.E.
7	452.80	108	29.25 A
4	452.83	108	29.25 A
0	484.73	108	29.25 A
10	486.17	108	29.25 A
1	495.09	108	29.25 A

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

### gomosidad

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
gomosidad	540	0.01	0.00	5.45

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4.7E-03	9	5.2E-04	0.58	0.8127
Congelac.	7.6E-04	3	2.5E-04	0.28	0.8372
trat	2.0E-03	2	9.9E-04	1.11	0.3312
Refrig.	1.9E-03	4	4.8E-04	0.54	0.7050
Error	0.47	530	8.9E-04		
Total	0.48	539			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.00935

Error: 0.0009 gl: 530

Congelac.	Medias	n	E.E.
90	0.55	135	2.6E-03 A
30	0.55	135	2.6E-03 A
0	0.55	135	2.6E-03 A
60	0.55	135	2.6E-03 A

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.00738

Error: 0.0009 gl: 530

trat	Medias	n	E.E.
1	0.54	180	2.2E-03 A
3	0.55	180	2.2E-03 A
2	0.55	180	2.2E-03 A

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.01110

Error: 0.0009 gl: 530

Refrig.	Medias	n	E.E.	
4	0.55	108	2.9E-03	A
1	0.55	108	2.9E-03	A
7	0.55	108	2.9E-03	A
10	0.55	108	2.9E-03	A
0	0.55	108	2.9E-03	A

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

elasticidad

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
elasticidad	540	0.02	0.00	3.97

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.01	9	1.0E-03	0.91	0.5148
Congelac.	2.2E-03	3	7.3E-04	0.64	0.5906
trat	1.2E-03	2	5.9E-04	0.52	0.5978
Refrig.	0.01	4	1.5E-03	1.31	0.2634
Error	0.61	530	1.1E-03		
Total	0.62	539			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.01059

Error: 0.0011 gl: 530

Congelac.	Medias	n	E.E.	
0	0.85	135	2.9E-03	A
90	0.85	135	2.9E-03	A
60	0.85	135	2.9E-03	A
30	0.85	135	2.9E-03	A

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.00836

Error: 0.0011 gl: 530

trat	Medias	n	E.E.	
1	0.85	180	2.5E-03	A
3	0.85	180	2.5E-03	A
2	0.85	180	2.5E-03	A

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.01257

Error: 0.0011 gl: 530

Refrig.	Medias	n	E.E.	
4	0.85	108	3.3E-03	A
7	0.85	108	3.3E-03	A
1	0.85	108	3.3E-03	A
0	0.85	108	3.3E-03	A
10	0.85	108	3.3E-03	A

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

cohesividad

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
cohesividad	540	0.02	0.01	5.70

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.01	9	1.3E-03	1.32	0.2243
Congelac.	4.5E-03	3	1.5E-03	1.53	0.2054
trat	2.1E-03	2	1.0E-03	1.06	0.3463
Refrig.	0.01	4	1.3E-03	1.29	0.2745
Error	0.52	530	9.9E-04		
Total	0.53	539			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.00983

Error: 0.0010 gl: 530

Congelac.	Medias	n	E.E.	
90	0.55	135	2.7E-03	A
0	0.55	135	2.7E-03	A
30	0.55	135	2.7E-03	A
60	0.55	135	2.7E-03	A

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.00777

Error: 0.0010 gl: 530

trat	Medias	n	E.E.	
1	0.55	180	2.3E-03	A
3	0.55	180	2.3E-03	A
2	0.55	180	2.3E-03	A

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.01168

Error: 0.0010 gl: 530

Refrig.	Medias	n	E.E.	
4	0.54	108	3.0E-03	A
1	0.55	108	3.0E-03	A
0	0.55	108	3.0E-03	A
7	0.55	108	3.0E-03	A
10	0.55	108	3.0E-03	A

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

masticabilidad

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
masticabilidad	540	0.02	3.3E-03	37.47

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	466530.55	9	51836.73	1.20	0.2927
Congelac.	236788.84	3	78929.61	1.83	0.1413
trat	55715.41	2	27857.71	0.64	0.5253
Refrig.	174026.30	4	43506.58	1.01	0.4034
Error	22903040.26	530	43213.28		
Total	23369570.82	539			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=65.11134

Error: 43213.2835 gl: 530

Congelac.	Medias	n	E.E.
0	539.50	135	17.89 A
90	544.34	135	17.89 A
30	544.43	135	17.89 A
60	590.90	135	17.89 A

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=51.43252

Error: 43213.2835 gl: 530

trat	Medias	n	E.E.
2	546.42	180	15.49 A
3	548.86	180	15.49 A
1	569.09	180	15.49 A

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=77.30602

Error: 43213.2835 gl: 530

Refrig.	Medias	n	E.E.
1	542.64	108	20.00 A
0	543.67	108	20.00 A
7	547.79	108	20.00 A
10	549.52	108	20.00 A
4	590.33	108	20.00 A

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

## resistencia

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
resistencia	540	0.01	0.00	8.14

## Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3.0E-03	9	3.3E-04	0.87	0.5562
Congelac.	8.1E-04	3	2.7E-04	0.71	0.5470
trat	3.3E-04	2	1.6E-04	0.43	0.6487
Refrig.	1.8E-03	4	4.6E-04	1.20	0.3103
Error	0.20	530	3.8E-04		
Total	0.20	539			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.00611

Error: 0.0004 gl: 530

Congelac.	Medias	n	E.E.
0	0.24	135	1.7E-03 A
60	0.24	135	1.7E-03 A
30	0.24	135	1.7E-03 A
90	0.24	135	1.7E-03 A

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.00482

Error: 0.0004 gl: 530

trat	Medias	n	E.E.	
2	0.24	180	1.5E-03	A
3	0.24	180	1.5E-03	A
1	0.24	180	1.5E-03	A

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

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.00725

Error: 0.0004 gl: 530

Refrig.	Medias	n	E.E.	
10	0.24	108	1.9E-03	A
1	0.24	108	1.9E-03	A
4	0.24	108	1.9E-03	A
7	0.24	108	1.9E-03	A
0	0.24	108	1.9E-03	A

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