



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN**  
**CARRERA DE AGROINDUSTRIA**

Trabajo de Integración  
Curricular previa la obtención  
del Grado Académico de  
Ingeniera Agroindustrial

**Proyecto de Investigación:**

**“EVALUACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS DE DESHIDRATACIÓN  
OSMÓTICA E IMPREGNACIÓN AL VACÍO DE SALES ANTIOXIDANTES PARA  
LA CONSERVACIÓN DE YUCA BLANCA (*Manihot esculenta Crantz*)”**

**Autor:**

JENNIFER EMELY ALCIVAR VERA

**Director de Proyecto de Investigación:**

ING. LOGUARD SMITH ROJAS URIBE, MSc.

**Codirector de Proyecto de Investigación:**

ING. ABELARDO JERÓNIMO ALDERETE RENDÓN, MSc.

**Quevedo – Los Ríos – Ecuador**

**2023**





## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **JENNIFER EMELY ALCIVAR VERA**, declaro que la investigación aquí descrita es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este documento, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

**JENNIFER EMELY ALCIVAR VERA**

**C.I: 1207029057**



## CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Los suscritos, **Ing. Loguard Smith Rojas Uribe, MSc** e **Ing. Abelardo Jerónimo Alderete Rendón, MSc** Docentes de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifican que la estudiante **Jennifer Emely Alcivar Vera**, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado: **“EVALUACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS DE DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA E IMPREGNACIÓN AL VACÍO DE SALES ANTIOXIDANTES PARA LA CONSERVACIÓN DE YUCA BLANCA (*Manihot esculenta Crantz*)”**, previo a la obtención del título de **Ingeniera Agroindustrial**, bajo nuestra dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.



Firmado electrónicamente por:  
**LOGUARD SMITH**  
**ROJAS URIBE**

---

**Ing. Loguard Smith Rojas Uribe, MSc.**  
**DIRECTOR DEL PROYECTO DE**  
**INVESTIGACIÓN**

**Abelardo** Firmado digitalmente  
por Abelardo  
**Alderete** Alderete  
Fecha: 2023.11.09  
05:55:38 -05'00'

---

**Ing. Abelardo Jerónimo Alderete Rendón, MSc.**  
**CODIRECTOR DEL PROYECTO DE**  
**INVESTIGACIÓN**



## CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

Los suscritos, **Ing. Loguard Smith Rojas Uribe, MSc** e **Ing. Abelardo Jerónimo Alderete Rendón, MSc**, mediante el presente cumplen en presentar a usted, el informe de proyecto de Investigación titulado “EVALUACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS DE DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA E IMPREGNACIÓN AL VACÍO DE SALES ANTIOXIDANTES PARA LA CONSERVACIÓN DE YUCA BLANCA (*Manihot esculenta Crantz*)” Presentado por la estudiante **Jennifer Emely Alcivar Vera**, egresada de la Carrera de Agroindustria que fue revisado bajo nuestra dirección según resolución del Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Industria y Producción, que se ha desarrollado de acuerdo al Reglamento de la Unidad de Integración Curricular de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo y cumple con el requerimiento de análisis de URKUND el cual avala los niveles de originalidad en un 92 % y similitud 8 %, del trabajo investigativo. Valido este documento para que la estudiante siga con los trámites pertinentes, de acuerdo como lo establece el Reglamento.

Analyzed document	TESIS COMPLETA_ ALCIVAR VERA JENNIFER (2).pdf (D174487012)
Submitted	9/24/2023 7:10:00 PM
Submitted by	LOGUARD ROJAS
Submitter email	lrojas@uteq.edu.ec
Similarity	8%
Analysis address	lrojas.uteq@analysis.arkund.com



Firmado electrónicamente por:  
**LOGUARD SMITH  
ROJAS URIBE**

**Ing. Loguard Smith Rojas Uribe, MSc.**  
**DIRECTOR DEL PROYECTO DE  
INVESTIGACIÓN**

**Abelardo  
Alderete**

Firmado digitalmente  
por Abelardo Alderete  
Fecha: 2023.11.09  
05:56:14 -05'00'

**Ing. Abelardo Jerónimo Alderete Rendón, MSc.**  
**CODIRECTOR DEL PROYECTO DE  
INVESTIGACIÓN**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN**  
**CARRERA DE AGROINDUSTRIA**  
**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**Título:**

“EVALUACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS DE DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA E IMPREGNACIÓN AL VACÍO DE SALES ANTIOXIDANTES PARA LA CONSERVACIÓN DE YUCA BLANCA (*Manihot esculenta Crantz*)”

Presentado al consejo Directivo de Facultad como requisito previo a la obtención del título de Ingeniera Agroindustrial.

Aprobado por:



Firmado electrónicamente por:  
**ROBERT WILLIAM  
MOREIRA MACÍAS**

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

Ing. Robert William Moreira Macías, MSc.

**DENISSE  
MARGOTH  
ZAMBRANO  
MUNOZ**

Firmado digitalmente  
por DENISSE MARGOTH  
ZAMBRANO MUNOZ  
Fecha: 2023.11.09  
07:50:57 -05'00'

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

Ing. Denisse Margoth Zambrano Muñoz, MSc.

**ANDREA  
CRISTINA CORTEZ  
ESPINOZA**

Firmado digitalmente  
por ANDREA CRISTINA  
CORTEZ ESPINOZA  
Fecha: 2023.11.09  
20:13:03 -05'00'

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

Ing. Andrea Cristina Cortez Espinoza, MSc.

**QUEVEDO – LOS RIOS – ECUADOR**

**2023**

## **AGRADECIMIENTO**

Mi agradecimiento es primero a Dios, por brindarme una familia amorosa, por ser luz y guía durante todo el transcurso de mi vida, por ayudarme a superar obstáculos y permitirme culminar mi carrera universitaria.

Agradezco a mis padres y hermanos, quienes confiaron y me brindaron apoyo incondicional, han formado parte de cada paso en mi vida siendo mi compañía y pilar fundamental para lograr cada uno de mis propósitos.

Gracias a todos quienes conforman la Universidad Técnica Estatal de Quevedo por permitirme ser parte de esta honorable institución educativa, a cada uno de los docentes que aportaron sus conocimientos y sabiduría para desarrollarme como persona y ahora como profesional, a mis compañeros que con el paso del tiempo se convirtieron en mis amigos y me acompañaron en todo momento.

De manera muy especial, agradezco a mi tutor Ing. Loguard Rojas y cotutor Ing. Abelardo Alderete, quienes con su experiencia, motivación y conocimientos guiaron cada proceso en la elaboración de mi trabajo de titulación.

*Jennifer Emely Alcivar Vera*

## **DEDICATORIA**

A Dios por ser mi fuente de madurez y fortalezas para cumplir mis metas.

A mis padres Hilda Vera y Adalberto Alcivar y mis hermanos Meiling y Johan  
quienes son mi inspiración y motor para cumplir mis sueños.

A todas las personas que confiaron y con sus palabras me dieron ese aliento para  
vencer cada dificultad.

*Jennifer Emely Alcivar Vera*

## RESUMEN

El presente proyecto de investigación está enfocado en evaluar el método de conservación que permita extender el tiempo de vida útil de este tubérculo. Las muestras de yuca descascaradas fueron sometidas a deshidratación osmótica (DO) por inmersión en reflujo con  $\text{CaCl}_2$  al 5%, a 27 °C para prevenir su oxidación. Para mejorar el proceso se impregnó con agentes antioxidantes a diferentes concentraciones 0.5%; 0.75% y 1% m/v, se sometieron en una estufa a 40°C con recirculación de aire, a diferentes tiempos. Se realizó análisis por espectrofotometría UV, obteniéndose un pico máximo de absorción ( $\lambda$ ) a 260 nm, corroborando, en los diferentes tiempos, que este era la banda de máxima absorción donde se pudo verificar la respuesta de oxidación. Los tratamientos que inhibieron el pardeamiento fueron: T3 impregnación de ácido ascórbico al 0.75%, T6 impregnación con citrato monosódico al 1% y T8 con DO + impregnación de citrato monosódico al 0.5%. Lo que permitió demostrar que la aplicación de estos agentes antioxidante con o sin DO evitan el pardeamiento. En las pruebas sensoriales de dichos tratamientos no existe alteración o cambio de sabor. De la misma manera se empleó el espacio de color  $L^*a^*b$ , evidenciando que estos tratamientos presentaron una luminosidad cercana al 100, es decir, una tendencia al color blanco, el espectro  $A^*$  refleja valores cercanos a 0, indicando que no existe una orientación hacia al rojo o verde y el espectro  $B^*$  con una ligera tendencia a aumentar la intensidad del color amarillo, con valores inferiores a 3. Al emplear la deshidratación osmótica como método de conservación, los tratamientos presentaron menor porcentaje de humedad, un incremento de ceniza en su composición y un valor de pH menor a 7.

**Palabras claves:** Yuca blanca, pardeamiento, procesado mínimo, ácido ascórbico, citrato monosódico, cloruro de calcio, absorbancia.

## ABSTRACT

This research project is focused on evaluating the conservation method that allows extending the useful life of this tuber. The shelled cassava samples were subjected to osmotic dehydration (OD) by immersion in reflux with 5% CaCl<sub>2</sub>, at 27 °C to prevent oxidation. To improve the process, it was impregnated with antioxidant agents at different concentrations 0.5%; 0.75% and 1% m/v were subjected to an oven at 40°C with air recirculation at different times. Analysis was carried out by UV spectrophotometry, obtaining a maximum absorption peak ( $\lambda$ ) at 260 nm, corroborating, at different times, that this was the band of maximum absorption where the oxidation response could be verified. The treatments that inhibited browning were: T3 impregnation with 0.75% ascorbic acid, T6 impregnation with 1% monosodium citrate and T8 with DO + impregnation with 0.5% monosodium citrate. This allowed us to demonstrate that the application of these antioxidant agents with or without DO prevent browning. In the sensory tests of these treatments there is no alteration or change in flavor. In the same way, the L\*a\*b color space was used, showing that these treatments presented a luminosity close to 100, that is, a tendency towards white color, the A\* spectrum reflects values close to 0, indicating that there is no an orientation towards red or green and the B\* spectrum with a slight tendency to increase the intensity of the yellow color, with values lower than 3. When using osmotic dehydration as a conservation method, the treatments presented a lower percentage of humidity, an increase of ash in its composition and a pH value of less than 7.

**Keywords:** White cassava, browning, minimal processing, ascorbic acid, monosodium citrate, calcium chloride, absorbance.

## TABLA DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS .....	ii
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN .....	iii
CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO .....	iv
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
DEDICATORIA .....	vii
RESUMEN .....	viii
ABSTRACT .....	ix
TABLA DE CONTENIDO .....	x
ÍNDICE DE TABLAS .....	xv
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xvii
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xix
CÓDIGO DUBLÍN.....	xxi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	3
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	3
1.1. Problema de investigación.....	4
1.1.1. Planteamiento del problema .....	4
1.1.2. Formulación del problema.....	5

1.1.3. Sistematización del problema.....	5
1.2. Objetivos.....	6
1.2.1. Objetivo General.....	6
1.2.2. Objetivos Específicos .....	6
1.3. Justificación.....	6
CAPÍTULO II.....	8
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN .....	8
2.1. Marco conceptual .....	9
2.1.1. Yuca (Manihot esculenta Crantz).....	9
2.1.2. Variedad Hoja Morado (Yuca Blanca).....	9
2.1.3. Usos industriales de la yuca blanca .....	11
2.1.4. Pardeamiento en alimentos .....	12
2.1.5 Deshidratación osmótica en alimentos .....	15
2.1.6. Impregnación al vacío .....	16
2.1.7. Agentes anti - pardeamientos.....	18
2.1.8. Espectrofotometría UV - Visible .....	18
2.1.9. Teoría del color.....	20
2.1.10. Análisis sensorial .....	20
2.1.11. Alimentos mínimamente procesados .....	21
2.2. Marco referencial.....	22

CAPÍTULO III .....	24
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	24
3.1. Localización.....	25
3.2. Tipo de investigación.....	25
3.2.1. Investigación descriptiva .....	25
3.2.2. Investigación experimental.....	25
3.2.3. Investigación bibliográfica .....	25
3.3. Métodos de investigación .....	25
3.3.1. Método analítico .....	26
3.3.2. Método deductivo .....	26
3.3.3. Método de observación.....	26
3.4. Fuentes de recopilación de información .....	26
3.4.1. Fuentes primarias.....	26
3.4.2. Fuentes secundarias .....	27
3.5. Diseño de la investigación.....	27
3.5.1. Factores de estudio .....	28
3.5.2. Tratamientos .....	28
3.5.3. Variables de estudio .....	29
3.6. Instrumentos de investigación .....	30
3.6.1. Materia prima en estudio .....	30
3.6.2. Preparación de la muestra.....	30

3.6.3. Descripción del proceso de deshidratación osmótica .....	30
3.6.4. Descripción del proceso de impregnación al vacío .....	30
3.6.5. Descripción del proceso de ambiente controlado .....	31
3.6.6. Obtención del extracto de la yuca blanca .....	31
3.6.7. Descripción del proceso de espectrofotometría UV – visible .....	32
3.6.8. Diagrama de flujo de la yuca blanca mínimamente procesada .....	33
3.6.9. Descripción del color en el espacio CieL*a*b* .....	35
3.6.10. Análisis Bromatológico .....	35
3.6.11. Aceptabilidad en el sabor de la yuca mínimamente procesada.....	36
3.7. Tratamiento de los datos .....	37
3.8. Recursos humanos y materiales.....	37
3.8.1. Recursos humanos .....	37
3.8.2. Recursos materiales. ....	37
CAPÍTULO IV .....	39
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	39
4.1. Resultados.....	40
4.1.1. Análisis de espectrofotometría Uv – visible .....	40
4.1.2. Análisis de varianza de resultados de análisis físico químicos (Humedad, ceniza y pH) .....	49
4.1.3. Análisis de aceptabilidad en los tres mejores tratamientos en relación con la yuca fresca.....	66
4.1.4. Análisis de Colorimetría en el espacio de color L*a*b* .....	72

CAPITULO V.....	79
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	79
5.1. Conclusiones.....	80
5.2. Recomendaciones .....	81
CAPITULO VI .....	83
BIBLIOGRAFÍA .....	83
CAPITULO VII.....	95
ANEXOS .....	95

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Análisis bromatológico de la yuca blanca fresca. ....	10
<b>Tabla 2</b> Valor nutricional de la yuca blanca .....	11
<b>Tabla 3</b> Descripción de los factores de estudio que intervienen en la conservación de la yuca blanca.....	28
<b>Tabla 4</b> Tratamientos propuestos para reducir el pardeamiento de la yuca blanca mediante deshidratación osmótica e impregnación al vacío de sales antioxidantes. ....	28
<b>Tabla 5</b> Análisis de varianza para Espectrofotometría Uv – visible. ....	47
<b>Tabla 6</b> Prueba de significación Tukey ( $p < 0,05$ ) para los resultados de Espectrofotometría Uv – visible.....	47
<b>Tabla 7</b> Análisis de varianza para la variable humedad. ....	49
<b>Tabla 8</b> Análisis de varianza para la variable ceniza.....	50
<b>Tabla 9</b> Análisis de varianza para la variable pH.....	50
<b>Tabla 10</b> Prueba de significación de Tukey para resultados de análisis físico químicos (Factor A).....	53
<b>Tabla 11</b> Prueba de significación de Tukey para resultados de análisis físico químicos (Factor B).....	55
<b>Tabla 12</b> Prueba de significación de Tukey para resultados de análisis físico químicos (Factor C).....	57
<b>Tabla 13</b> Prueba de significación de Tukey para resultados de análisis físico químicos (Factor A*Factor B).....	59
<b>Tabla 14</b> Prueba de significación de Tukey para resultados de análisis físico químicos (Factor A*Factor C).....	61
<b>Tabla 15</b> Prueba de significación de Tukey para resultados de análisis físico químicos (Factor B*Factor C).....	63

<b>Tabla 16</b> Análisis de varianza para Sabor por Tratamiento. ....	66
<b>Tabla 17</b> Prueba de Kruskal-Wallis para Sabor por Tratamiento.....	67
<b>Tabla 18</b> Prueba de significación de Tukey para sabor por tratamiento. ....	67
<b>Tabla 19</b> Análisis de varianza para Aceptabilidad por Tratamiento.....	68
<b>Tabla 20</b> Prueba de Kruskal-Wallis para Aceptabilidad por Tratamiento.....	69
<b>Tabla 21</b> Prueba de significación de Tukey para aceptabilidad por tratamiento.....	69
<b>Tabla 22</b> Análisis de varianza de Colorimetría de espectro L* en yuca blanca.....	72
<b>Tabla 23</b> Prueba de significación Tukey ( $p<0,05$ ) para los resultados de espectro L*.....	72
<b>Tabla 24</b> Análisis de varianza de Colorimetría de espectro A* en yuca blanca. ....	74
<b>Tabla 25</b> Prueba de significación Tukey ( $p<0,05$ ) para los resultados de espectro A*.....	74
<b>Tabla 26</b> Análisis de varianza de Colorimetría de espectro B* en yuca blanca. ....	75
<b>Tabla 27</b> Prueba de significación Tukey ( $p<0,05$ ) para los resultados de espectro B*.....	76

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Transferencia de agua y soluto en la deshidratación osmótica .....	16
<b>Figura 2</b> Fenómeno de impregnación al vacío en sólidos porosos .....	18
<b>Figura 3</b> Diagrama de flujo empleando impregnación al vacío. ....	33
<b>Figura 4</b> Diagrama de flujo empleando Deshidratación osmótica + Impregnación al vacío .....	34
<b>Figura 5</b> Espectrofotometría Uv – visible en 0 y 4 horas con yuca blanca fresca.....	40
<b>Figura 6</b> Espectrofotometría Uv – visible en 8 horas con yuca blanca fresca.....	40
<b>Figura 7</b> Espectrofotometría Uv – visible en el tratamiento 1.....	41
<b>Figura 8</b> Espectrofotometría Uv – visible en el tratamiento 2.....	41
<b>Figura 9</b> Espectrofotometría Uv – visible en el tratamiento 3.....	42
<b>Figura 10</b> Espectrofotometría Uv – visible en el tratamiento 4.....	42
<b>Figura 11</b> Espectrofotometría Uv – visible en el tratamiento 5.....	43
<b>Figura 12</b> Espectrofotometría Uv – visible en el tratamiento 6.....	43
<b>Figura 13</b> Espectrofotometría Uv – visible en el tratamiento 7.....	44
<b>Figura 14</b> Espectrofotometría Uv – visible en el tratamiento 8.....	44
<b>Figura 15</b> Espectrofotometría Uv – visible en el tratamiento 9.....	45
<b>Figura 16</b> Espectrofotometría Uv – visible en el tratamiento 10.....	45
<b>Figura 17</b> Espectrofotometría Uv – visible en el tratamiento 11.....	46
<b>Figura 18</b> Espectrofotometría Uv – visible en el tratamiento 12.....	46
<b>Figura 19</b> Prueba de Tukey HSD en la interacción tratamiento * hora. ....	48
<b>Figura 20</b> Humedad en la interacción del Factor A*B*C.....	51
<b>Figura 21</b> Ceniza en la interacción del Factor A*B*C .....	52
<b>Figura 22</b> pH en la interacción del Factor A*B*C .....	53

<b>Figura 23</b> Prueba de significación de Tukey para resultados de análisis físico químicos (Factor A: método de conservación).....	54
<b>Figura 24</b> Prueba de significación de Tukey para resultados de análisis físico químicos (Factor B: sales antioxidantes). .....	55
<b>Figura 25</b> Prueba de significación de Tukey para resultados de análisis bromatológicos (Factor C: % de concentraciones).....	57
<b>Figura 26</b> Prueba de significación de Tukey para resultados de análisis bromatológicos Métodos de conservación * Sales Antioxidantes (Factor A * B).....	59
<b>Figura 27</b> Prueba de significación de Tukey para resultados de análisis bromatológicos Métodos de conservación * Porcentaje de concentraciones (Factor A * C).....	61
<b>Figura 28</b> Prueba de significación de Tukey para resultados de análisis bromatológicos Sales antioxidantes * Porcentaje de concentraciones (Factor B * C) .....	63
<b>Figura 29</b> Prueba de significación de Tukey para la variable sabor. ....	68
<b>Figura 30</b> Prueba de significación de Tukey para la variable aceptabilidad. ....	70
<b>Figura 31</b> Prueba de significación de Tukey para el espectro de color L* .....	73
<b>Figura 32</b> Prueba de significación de Tukey para el espectro de color A* .....	75
<b>Figura 33</b> Prueba de significación de Tukey para el espectro de color B*.....	76

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1</b> Preparación de la muestra de yuca blanca. ....	96
<b>Anexo 2</b> Proceso de deshidratación osmótica en los tratamientos. ....	96
<b>Anexo 3</b> Proceso de impregnación al vacío en los tratamientos. ....	97
<b>Anexo 4</b> Proceso de filtrado del extracto de yuca blanca. ....	97
<b>Anexo 5</b> Proceso de ambiente controlado en yuca blanca. ....	99
<b>Anexo 6</b> Proceso de espectrofotometría Uv – visible en los tratamientos. ....	99
<b>Anexo 7</b> Análisis sensorial en los tres mejores tratamientos de la investigación. ....	100
<b>Anexo 8</b> Análisis bromatológicos en el producto mínimamente procesado. ....	100
<b>Anexo 9</b> Resultados posteriores a las 4 horas y 8 horas de ambiente controlado en la yuca fresca. ....	101
<b>Anexo 10</b> Resultados posteriores a las 4 horas y 8 horas de ambiente controlado en el Tratamiento 1. ....	102
<b>Anexo 11</b> Resultados posteriores a las 4 horas y 8 horas de ambiente controlado en el Tratamiento 2. ....	103
<b>Anexo 12</b> Resultados posteriores a las 4 horas y 8 horas de ambiente controlado en el Tratamiento 3. ....	104
<b>Anexo 13</b> Resultados posteriores a las 4 horas y 8 horas de ambiente controlado en el Tratamiento 4. ....	105
<b>Anexo 14</b> Resultados posteriores a las 4 horas y 8 horas de ambiente controlado en el Tratamiento 5. ....	106
<b>Anexo 15</b> Resultados posteriores a las 4 horas y 8 horas de ambiente controlado en el Tratamiento 6. ....	107
<b>Anexo 16</b> Resultados posteriores a las 4 horas y 8 horas de ambiente controlado en el Tratamiento 7. ....	108

<b>Anexo 17</b> Resultados posteriores a las 4 horas y 8 horas de ambiente controlado en el Tratamiento 8.....	109
<b>Anexo 18</b> Resultados posteriores a las 4 horas y 8 horas de ambiente controlado en el Tratamiento 9.....	110
<b>Anexo 19</b> Resultados posteriores a las 4 horas y 8 horas de ambiente controlado en el Tratamiento 10.....	111
<b>Anexo 20</b> Resultados posteriores a las 4 horas y 8 horas de ambiente controlado en el Tratamiento 11.....	112
<b>Anexo 21</b> Resultados posteriores a las 4 horas y 8 horas de ambiente controlado en el Tratamiento 12.....	113
<b>Anexo 22</b> Balance de masa de la yuca mínimamente procesada empleando impregnación al vacío.....	114
<b>Anexo 23</b> Balance de masa de la yuca mínimamente procesada empleando deshidratación osmótica + impregnación al vacío.....	115
<b>Anexo 24</b> Pérdida de peso por deshidratación osmótica.....	116
<b>Anexo 25</b> Costos de producción en el producto mínimamente procesado.....	116

## CÓDIGO DUBLÍN

<b>Título:</b>	“EVALUACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS DE DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA E IMPREGNACIÓN AL VACÍO DE SALES ANTIOXIDANTES PARA LA CONSERVACIÓN DE YUCA BLANCA ( <i>Manihot esculenta Crantz</i> )”						
<b>Autor:</b>	Alcivar Vera Jennifer Emely						
<b>Palabras clave:</b>	Yuca blanca	Pardeamiento	Procesado mínimo	Ácido ascórbico	Citrato monosódico	Cloruro de calcio	Absorbancia
<b>Fecha de publicación:</b>	Noviembre, 2023						
<b>Editorial:</b>	Quevedo - UTEQ “La María”, 2023						
<b>Resumen:</b>	<p>El presente proyecto de investigación está enfocado en evaluar el método de conservación que permita extender el tiempo de vida útil de este tubérculo. Las muestras de yuca descascaradas fueron sometidas a deshidratación osmótica (DO) por inmersión en reflujo con CaCl<sub>2</sub> al 5%, a 27 °C para prevenir su oxidación. Para mejorar el proceso se impregnó con agentes antioxidantes a diferentes concentraciones 0.5%; 0.75% y 1% m/v, se sometieron en una estufa a 40°C con recirculación de aire, a diferentes tiempos. Se realizó análisis por espectrofotometría UV, obteniéndose un pico máximo de absorción (<math>\lambda</math>) a 260 nm, corroborando, en los diferentes tiempos, que este era la banda de máxima absorción donde se pudo verificar la respuesta de oxidación. Los tratamientos que inhibieron el pardeamiento fueron: T3 impregnación de ácido ascórbico al 0.75%, T6 impregnación con citrato monosódico al 1% y T8 con DO + impregnación de citrato monosódico al 0.5%. Lo que permitió demostrar que la c antioxidante con o sin DO evitan el pardeamiento. En las pruebas sensoriales de dichos tratamientos no existe alteración o cambio de sabor. De la misma manera se empleó el espacio de color L*a*b, evidenciando que estos tratamientos presentaron una luminosidad cercana al 100, es decir, una tendencia al color blanco, el espectro A* refleja valores cercanos a 0, indicando que no existe una orientación hacia al rojo o verde y el espectro B* con una ligera tendencia a aumentar la intensidad del color amarillo, con valores inferiores a 3. Al emplear la deshidratación osmótica como método de conservación, los tratamientos presentaron menor porcentaje de humedad, un incremento de ceniza en su composición y un valor de pH menor a 7.</p>						
<b>Abstract:</b>	<p>This research project is focused on evaluating the conservation method that allows extending the useful life of this tuber. The shelled cassava samples were subjected to osmotic dehydration (OD) by immersion in reflux with 5% CaCl<sub>2</sub>, at 27 °C to prevent oxidation. To improve the process, it was impregnated with antioxidant agents at different concentrations 0.5%; 0.75% and 1% m/v were subjected to an oven at 40°C with air recirculation at different times. Analysis was carried out by UV spectrophotometry, obtaining a maximum absorption peak (<math>\lambda</math>) at 260 nm, corroborating, at different times, that this was the band of maximum absorption where the oxidation response could be verified. The treatments that inhibited browning were: T3 impregnation with 0.75% ascorbic acid, T6 impregnation with 1% monosodium citrate and T8 with DO + impregnation with 0.5% monosodium citrate. This allowed us to demonstrate that the antioxidant c with or without DO prevents browning. In the sensory tests of these treatments there is no alteration or change in flavor. In the same way, the L*a*b color space was used, showing that these treatments presented a luminosity close to 100, that is, a tendency towards white color, the A* spectrum reflects values close to 0, indicating that there is no an orientation towards red or green and the B* spectrum with a slight tendency to increase the intensity of the yellow color, with values lower than 3. When using osmotic dehydration as a conservation method, the treatments presented a lower percentage of humidity, an increase in ash in their composition and a pH value of less than 7.</p>						
<b>Descripción</b>	139 hojas: dimensiones 29 x 21 cm + CD ROM 6162						
<b>URI:</b>							

## INTRODUCCIÓN

La yuca es fundamental para la seguridad alimentaria del país, esto ejemplifica que podría convertirse en materia prima básica de una gran variedad de productos elaborados, lo que incrementaría eficazmente la demanda de esta raíz y contribuiría a la transformación agrícola y al crecimiento económico en áreas locales marginales. Los consumidores demandan alimentos frescos, saludables, con calidad nutricional, de fácil preparación, con inocuidad química y microbiológica y que a su vez tengan una larga vida útil en el anaquel para facilitar la llegada al consumidor (Zambrano, 2016).

Las raíces de yuca, después de la cosecha, presentan alta perecibilidad, siendo esto una gran preocupación para aquellas personas que trabajan en toda la cadena agrícola e industrial que va desde el campo hasta el consumidor. Por tanto, para evitar la aparición del estriado vascular durante la conservación del tubérculo entero de la yuca mínimamente procesada se estudió el efecto de dos métodos de conservación empleando sales antioxidantes, con el fin de determinar cuál es el más apropiado, teniendo en cuenta normas de calidad, entre ellas el contenido de ácido cianhídrico, que varía en una misma especie o variedad según las condiciones del cultivo, el suelo, la humedad, la temperatura y el tiempo de cosecha del tubérculo (Braen, 2018).

La tecnología de los métodos combinados en la preservación de un alimento evidencia un efecto sinérgico, funcionando mejor que la equivalencia cuantitativa de cualquiera de ellos por separado. El uso de los ácidos cítrico y ascórbico evitan el oscurecimiento enzimático mediante acción directa sobre la polifenol oxidasa, ya que estos dos ácidos inactivan a esta enzima oxidativa debido a que secuestran al cobre del grupo prostético de la polifenol oxidasa (Meza Velázquez et al., 2007).

En base a lo expuesto, se evaluará la factibilidad de utilizar estos tratamientos de conservación en la obtención de yuca mínimamente procesada mediante un diseño factorial A\*B\*C donde: Factor A (métodos de conservación), Factor B (sales antioxidantes) y Factor C (Porcentaje de concentraciones), para el estudio de análisis estadístico de los resultados de cada una de las variables se procedió a realizar un análisis de varianza (ANOVA) a fin de realizar comparaciones entre las medias de los niveles de los factores en estudio se empleó una prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ), utilizando los softwares estadísticos “STATGRAPHICS con una versión de Centurion XVI” e INFOSTAT 2018, mostrando las reacciones del

pardeamiento, características bromatológicas como pH, ceniza, humedad, colorimetría en el espacio de color L\*a\*b. Además de una prueba no paramétrica Kruskal-Wallis para evaluar el sabor y la aceptabilidad del producto mínimamente procesado.

## **CAPÍTULO I**

### **CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

## **1.1. Problema de Investigación**

### ***1.1.1. Planteamiento del Problema***

La yuca blanca es considerada un alimento altamente perecedero que después de la cosecha se deteriora rápidamente sufriendo un pardeamiento y esto consiste en la aparición de estrías de coloración de blanco a pardo; dicha manifestación interfiere en la calidad visual generando pérdidas post cosecha y, consecuentemente su rechazo por el consumidor.

El pardeamiento en yuca es uno de los mayores problemas que dificultan su exportación, debido que usualmente para ofertar un producto fresco se debe mantener parámetros óptimos tanto en la postcosecha como en el proceso de transformación; y la preservación bajo condiciones de temperatura, sanitización, y tiempo de congelación obteniendo un producto de calidad hasta el momento de su preparación.

En la industria alimentaria, este fenómeno fisiológico puede reducir el valor comercial de los productos frescos, ya que se pueden considerar menos atractivos y, en consecuencia, tener una demanda más baja en el mercado. Además, durante su procesamiento presenta una marcada tendencia al pardeamiento enzimático, proceso oxidativo que genera cambios en las características organolépticas y pérdidas del valor nutricional.

### **Diagnóstico**

Actualmente, el pardeamiento afecta a los tubérculos por sus efectos negativos sobre las características nutricionales y organolépticas, debido que la escasa implementación de procesos tecnológicos que permitan reducir el pardeamiento en yuca blanca induce a que enfrente a una serie de dificultades, como la presencia de cadenas de intermediarios que originan el incremento desmedido de los precios; así como el rápido deterioro fisiológico y microbiano, lo que reduce su vida útil a tres o cuatro días. Los indicadores de deterioro más apreciables en almacenamiento son los cambios de textura y de color, así como la contaminación microbiológica.

Un elevado grado de humedad como una temperatura moderada provocan rápidamente alteraciones en su estructura y composición. Las limitaciones en el consumo de productos mínimamente procesados se deben al elevado costo de estos y a la gran oferta de frutas y hortalizas comercializadas a granel a bajos costos, aunque asociadas a una inferior calidad de estas.

## **Pronóstico**

Para abordar este problema, se requiere de métodos y prácticas que permitan minimizar o prevenir el pardeamiento en yuca blanca, lo que podría mejorar su aspecto y la aceptación en el mercado, manteniendo la calidad visual y la frescura percibida por los consumidores.

Por ende, la impregnación al vacío (IV) permitirá introducir sales antioxidantes en su composición para mejorar las cualidades organolépticas y prolongar su vida útil en almacenamiento. Además, mediante la adición de cloruro de calcio en la deshidratación osmótica se pretenderá disminuir la actividad de agua ( $A_w$ ) y mantener la estructura del vegetal firme en productos de textura delicada.

Se considera el consumo de productos mínimamente procesados como una de las alternativas para el excedente de la producción de yuca, así como para la optimización del tiempo en la elaboración de las comidas y racionalización de espacio en las áreas de producción de alimentación colectiva.

### ***1.1.2. Formulación del problema***

¿Es posible evaluar los tratamientos de deshidratación osmótica e impregnación al vacío de sales antioxidantes para la conservación de Yuca Blanca (*Manihot esculenta Crantz*)?

### ***1.1.3. Sistematización del problema***

¿De qué manera influye el cloruro de calcio aplicado bajo la modalidad de deshidratación osmótica?

¿Qué porcentaje de concentración óptima en ácido ascórbico y citrato monosódico permite inhibir el pardeamiento de la yuca mediante impregnación al vacío?

¿Cuáles son los cambios de color por espectrofotometría de absorción UV – visible que presenta cada uno de los tratamientos?

¿Cuál es la aceptabilidad de sabor en la yuca impregnada mediante prueba de catación?

## **1.2. Objetivos**

### ***1.2.1. Objetivo General***

- Evaluar los tratamientos de deshidratación osmótica e impregnación al vacío de sales antioxidantes para la conservación de Yuca blanca (*Manihot esculenta Crantz*).

### ***1.2.2. Objetivos Específicos***

- Contrastar el efecto del cloruro de calcio aplicado bajo la modalidad de deshidratación osmótica sobre la yuca.
- Establecer el porcentaje de concentración óptima de ácido ascórbico y citrato monosódico que inhibe el pardeamiento de la yuca mediante impregnación al vacío.
- Evaluar cambios de color por espectrofotometría de absorción UV – visible en cada uno de los tratamientos.
- Medir la aceptabilidad de sabor en la yuca impregnada mediante prueba de catación.

## **1.3. Justificación**

La yuca posee una gran riqueza de almidones, nutrientes, vitaminas y minerales, por tal motivo, es fundamental potenciar tecnologías de conservación que permita mantener la yuca en estado fresco durante periodos de tiempo más prolongados y promover el consumo un producto mínimamente procesado, debido a que estos ofrecen varios beneficios para el consumidor, como reducción del tiempo de preparación, son saludables, presentan gran consistencia de la calidad y requieren menores espacios al ser almacenados.

La capacidad de conservar tubérculos permite su distribución a áreas geográficas más lejanas, lo que facilita su comercialización y acceso a regiones donde no se cultivan o no están disponibles en ciertas estaciones. A su vez, el uso de sales antioxidantes contribuye al control efectivo en la oxidación polifenólica y permite reunir buenas características de calidad que le hacen apetecida para el consumo en fresco e industrializado

Aprovechando el alto mercado que posee la yuca en forma de snacks y su amplia participación en todos los sectores sociales del país y Latinoamérica; es importante reducir o inhibir el pardeamiento para minimizar las pérdidas ocasionadas durante el manejo, transporte y almacenamiento postcosecha , a su vez, ofertar un alimento con características sensoriales aceptables y de calidad superior a los ofrecidos por los métodos tradicionales.

Por tal motivo, en esta investigación se pretende evaluar diferentes métodos, como el uso de sustancias químicas, almacenamiento adecuado, procesamiento rápido o el uso de técnicas de envasado específicas para mitigar el pardeamiento; consiguiendo así que la materia prima conserve sus características y condiciones óptimas para su consumo y oferta en producto mínimamente procesado.

## **CAPÍTULO II**

### **FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN**

## **2.1. Marco conceptual**

### **2.1.1. Yuca (*Manihot esculenta* Crantz)**

La Norma Técnica Ecuatoriana, define como yuca, raíz gruesa rígida, bien desarrollada, con cicatrices y tallos coronados por un penacho de hojas lobuladas; pertenece a la familia Euphorbiaceae, género manihot, especie exulenta, Crantz(INEN, 1990). Se caracteriza por el desarrollo de vasos laticíferos compuestos por células secretoras o galactocitos que producen una secreción lechosa (Ceballos & De la Cruz, 2018).

Este cultivo ofrece otras reconocidas ventajas: tolerancia a la sequía, capacidad de producir en suelos degradados, resistencia a plagas y enfermedades, tolerancia a los suelos ácidos, así como flexibilidad en cuanto al momento de la plantación y cosecha (Ospina & Ceballos, 2002).

#### **2.1.1.1. Origen y clasificación botánica.**

La yuca es originaria del trópico americano y su área de distribución se extiende desde Arizona, Estados Unidos, hasta la cuenca del Plata en Argentina. Sin embargo, en la parte norte de Brasil es donde se han encontrado especies taxonómicamente más afines a *M. esculenta*. Las áreas donde se da la mayor diversidad de especies son las partes central, norte y oeste (Mato Grosso) de Brasil, la zona sur de México y Bolivia(Brenes et al., 2017).

La yuca pertenece a la familia *Euforbiaceae*, subfamilia *Crotonoideae* y tribu *Manihotae*. El género *Manihot* tiene más de 100 especies y muchas de ellas producen látex y ácido cianhídrico(Ospina & Ceballos, 2002) .

### **2.1.2. Variedad Hoja Morado (*Yuca Blanca*)**

#### **2.1.2.1. Características botánicas.**

Planta erecta de hasta 2,5 m de altura. Eje con 2 o 3 ramas. Tallo verde con rayas verticales rojo claras cuando es joven y pardo en la madurez. Hoja: vaina globosa rojo púrpura, pecíolo rojo púrpura de 20-25 cm, limbo palmatihendido, lóbulos aovados de 5-8, base auriculada, ápice atenuado, margen entero, haz morado y verde claro, el envés de 19-22 cm, nervadura principal haz morado, envés rojo claro, nervaduras secundarias, haz morado, envés rojo claro de 13-15 pares (Inga & Parodi, 2001).

Presenta cicatriz foliar moderadamente prominente, distancia internodal de 20-24 cm, látex blanco lechoso de regular abundancia. Flor femenina y masculina, sépalos rosados de 7 mm, ovario de 3 mm morado verdoso, estambres amarillos de 7 mm, respectivamente. Fruto morado verdoso de 1,5 cm de diámetro, con 6 aristas rojas (H. Ceballos & De la Cruz, 2018).

#### **2.1.2.2. Características agronómicas.**

Se cultiva en suelos inundables (restinga) y suelos no inundables (terrazza alta). Las matas presentan una regular conformación. Se cosecha a los 8 y los 12 meses de edad, pasada esta edad las raíces se ponen duras. Sufre un escaso ataque de insectos y enfermedades (Inga & Parodi, 2001).

#### **2.1.2.3. Composición química de la yuca blanca.**

La yuca cuenta con propiedades fisicoquímicas que varían según la especie, condiciones ambientales, tipo de suelo, entre otras. En la tabla 1 se aprecian las características fisicoquímicas de la yuca blanca (Brenes et al., 2017).

**Tabla 1**

*Análisis bromatológico de la yuca blanca fresca.*

<b>Alimento</b>	<b>Yuca Fresca</b>
Componente / 100 g en base seca	%
Humedad	65.2
Carbohidratos	32.8
Proteína	1.0
Grasa	0.4
Fibra	1.0
Ceniza	0.6

*Nota.* (Inga Guamán, 2020, p. 9).

#### **2.1.2.4. Propiedades nutricionales de la yuca blanca.**

La yuca es un alimento energético, aunque su contenido en proteínas es limitado. Asimismo, también es mínimo el aporte en grasas por lo que puede ser consumido por personas con problemas de sobrepeso (Nevárez, 2011).

El contenido en calcio de la yuca, unido al aporte de vitamina K, ayuda a mantener sanos los huesos y previene la presencia de osteoporosis (Pallarozo et al., 2020).

También contiene hierro, que ayuda a prevenir la presencia de anemia, aunque se trata de un contenido escaso. El contenido en fibra ayuda a combatir el estreñimiento y regula el tránsito intestinal (Ivan et al., 2022).

**Tabla 2**

*Valor nutricional de la yuca blanca*

<b>Componentes</b>	<b>Contenido de 100 g de parte comestible</b>	<b>Valores diarios recomendados (basado en una dieta de 2000 calorías).</b>
Calcio	40,00 mg	162,00 mg
Fosforo	34,00 mg	125,00 mg
Hierro	1,40 mg	18,00 mg
Niacina	0,06 mg	20,00 mg
Riboflavina	0,04 mg	1,70 mg
Vitamina C	19,00 mg	60,00 mg

*Nota.* (Braen, 2018, p. 20).

#### **2.1.2.5. Producción.**

En Ecuador la yuca es una raíz considerada parte de la seguridad alimentaria de la población, especialmente de las regiones Costa y Sierra, con amplio potencial de desarrollo agroindustrial. Las provincias que tienen mayor producción de yuca en el ámbito nacional son: Manabí, Cotopaxi, Pichincha, Esmeraldas y Morona Santiago (Inga & Parodi, 2001).

#### **2.1.3. Usos industriales de la yuca blanca**

La industrialización de la yuca permite obtener dos productos diferentes:

- **Harina o Fariña:** mandioca dulce o amarga, lavada, pelada, rallada y sometida a una ligera torrefacción.

- **Almidón o Fécula:** es el producto obtenido por extracción de gránulos de reserva alojados en corpúsculos especiales dentro de las células de la raíz (Uset, 2008).

La función nutricional de los almidones es muy importante porque constituye una de las principales fuentes de calorías de la alimentación humana. Asimismo, tienen un papel importante en la tecnología alimenticia debido a sus propiedades fisicoquímicas y funcionales. Se utilizan como agentes espesantes y también para aumentar la viscosidad de las salsas, agentes estabilizantes de geles o emulsionantes, así como elementos ligantes y agentes de relleno (Villarreal Heise et al., 2019).

Además, el consumo de la yuca en nuestro país es muy importante en la comida tradicional, comúnmente su preparación consiste en pelar su cáscara, lavar su pulpa y hervirla en agua entre 10 a 40 minutos para poderla consumir, pero para darle una mejor textura y sabor se la puede freír. Es por eso que, con este antecedente la industria utiliza esta materia prima para la elaboración de productos fritos o snacks (Uset, 2008).

#### ***2.1.4. Pardeamiento en alimentos***

El fenómeno de pardeamiento de frutos y vegetales durante el crecimiento, recogida y almacenamiento, así como de sus derivados y productos procesados (zumos, extractos...) es un problema de primera magnitud en la industria alimentaria. En general, este fenómeno se reconoce como una de las principales causas de pérdida de calidad y valor comercial. Este pardeamiento puede producir cambios importantes tanto en la apariencia (coloración oscura) como en las propiedades organolépticas de vegetales comestibles. Además, suele ir asociado al desprendimiento de olores y deterioro del valor nutricional (Casado Vela, 2004).

##### ***2.1.4.1. Tipos de pardeamiento.***

- **Pardeamiento enzimático**

Este tipo de pardeamiento es provocado en la mayoría de los casos por la enzima polifenol oxidasa (PPO), y es considerado como el principal problema que causa la pérdida de calidad de frutas y hortalizas semiprocesadas (Hernández, 2019).

Se presenta en varios vegetales y se lo observa cuando el tejido es cortado, golpeado o aplastado, debido a que existe una ruptura en las células exponiéndose los sustratos fenólicos en contacto con el oxígeno del ambiente, que luego son transformados por enzimas en melaninas, cuyos compuestos se caracterizan por un color marrón (Garay, 2019).

- **Pardeamiento no enzimático**

El pardeamiento no enzimático es el fenómeno de oscurecimiento de naturaleza química, mediante el cual se generan melanoidinas mediante reacción de Maillard: condensación entre compuestos carbonilos y aminados, peroxidación de lípidos, caramelización de carbohidratos por altas temperaturas, o degradación de compuestos con dobles enlaces conjugados a grupos carbonilo, principalmente ácido ascórbico (Serrate, 2016).

- **Reacción de Maillard**

Este tipo de pardeamiento no enzimático engloba a un grupo de reacciones donde se generan varios compuestos, entre los cuales se encuentran las melanoidinas que presentan un color que va de amarillo a un café oscuro y que hacen que se vean afectados el sabor, aroma y el valor nutritivo en los alimentos que se presentan, incluso pueden generar compuestos potencialmente carcinógenos, como la acrilamina (Garay, 2019).

- **Caramelización de los azúcares**

Esta reacción de oscurecimiento, también llamada pirólisis, ocurre cuando los azúcares se calientan por arriba de su punto de fusión. La reacción se lleva a cabo tanto a pH ácidos como alcalinos, y se acelera con la adición de ácidos carboxílicos y de algunas sales; se presenta en los alimentos tratados térmicamente de manera drástica (Cabañas, 2018).

Se ha dicho ya que la deshidratación genera furfural y sus derivados insaturados, que se polimerizan consigo mismos o con otras sustancias semejantes para formar las macromoléculas de pigmentos llamadas melanoidinas. Durante esta transformación también se sintetiza una serie de compuestos de bajo peso molecular y muy olorosos, como furanos, furanonas, lactonas, pironas, aldehídos, cetonas, ácidos, ésteres y pirazinas, así como otros con dobles ligaduras conjugadas que igualmente absorben la energía radiante y, por lo tanto, producen colores (Neira Díaz, 2020).

- **Oxidación de ácido ascórbico**

Se da a pH bajo y temperatura elevada. Los productos resultantes de la oxidación causan una coloración marrón, además de la pérdida de la vitamina. La reacción química es similar a la de los azúcares, salvo que no son necesarios aminoácidos. El ácido ascórbico es muy reactivo, se degrada a través de dos rutas, formando intermediarios dicarbonil, que reaccionan de manera análoga a los grupos amino (Serrate, 2016).

#### ***2.1.4.2. Métodos para controlar el pardeamiento.***

- **Métodos físicos**

Los métodos físicos incluyen el calor (escaldado de los alimentos), que desnaturaliza las enzimas y destruye alguno de los reactivos necesarios para que produzca la reacción de pardeamiento. Se utiliza, por ejemplo, en determinadas fases del procesado del té (Meneses Portilla et al., 2021).

Las bajas temperaturas también pueden evitar el pardeamiento enzimático al ralentizar la velocidad de la reacción. Mediante radiación puede controlarse el pardeamiento, fundamentalmente usando radiación no ionizante (UV-C, microondas, ultrasonidos), aunque también radiación  $\gamma$  (ionizante). Al igual que el calor, busca desnaturalizar las enzimas responsables del proceso, de forma reversible o irreversible. La utilización de atmósferas controladas en los envases (permeabilidad selectiva), también permite controlar el pardeamiento enzimático, al disminuir la concentración de O<sub>2</sub> disponible para la reacción, y por lo tanto la actividad PFO (Serrate, 2016).

- **Métodos químicos**

El uso de químicos que bajan el pH del producto, o acidulantes, se pueden aplicar ampliamente para controlar el pardeamiento. Entre ellos se encuentran:

- **Sulfitos:** El primer método utilizado para evitar el pardeamiento fue la adición de sulfitos que actuaban como agentes reductores convirtiendo las O-quinonas en difenoles menos reactivos para prevenir el desarrollo de melaninas (Yupangui, 2016).
- **Acidulantes:** El acidulante comúnmente utilizado es el ácido cítrico. Los acidulantes frecuentemente se usan en combinación de otros tipos de agentes antipardeamiento, ya que es muy difícil lograr una inhibición completa del oscurecimiento únicamente con el control del pH (DeltaEnfoque, 2009).
- **Agentes reductores:** Este tipo de agente antipardeamiento causa la reducción química de las o-quinonas incoloras como resultado de la reacción de PPO de regreso a O-difenoles. Los reductores se oxidan irreversiblemente durante la reacción, lo que significa que la protección que confieren es únicamente temporal, porque se consumen en la reacción (DeltaEnfoque, 2009).

### ***2.1.5 Deshidratación osmótica en alimentos***

La Deshidratación Osmótica (DO) consiste en sumergir un producto alimenticio en una solución con una alta presión osmótica, lo cual crea un gradiente de potencial químico entre el agua contenida en el alimento y el agua en la solución, originando el flujo de agua desde el interior del producto, para igualar los potenciales químicos del agua en ambos lados de las membranas de las células del vegetal. Estas son semipermeables y permiten el paso del agua y muy poco el de soluto, produciéndose como efecto neto, la pérdida de agua por parte del producto (Zapata Montoya & Castro, 1999).

#### ***2.1.5.1. Principios básicos de la deshidratación osmótica.***

Este proceso puede proporcionar la posibilidad de modificar las propiedades funcionales del material alimenticio, la mejora de la calidad general de los productos finales, la creación de nuevos productos atractivos, y el potencial de ahorro de energía (J. Benavides, 2019).

- **Presión osmótica**

La presión osmótica se explica como aquella fuerza que actúa sobre una membrana semipermeable para separar dos soluciones de diferentes concentraciones. Mueve el agua de la solución menos concentrada (hipotónica) a la solución más concentrada (hipertónica) hasta que esta alcanza el equilibrio osmótico (isotónica) (Cardona, 2015).

- **Transferencia de masa**

El transporte de masa en la deshidratación osmótica tiene lugar a través de las membranas celulares semipermeables de los alimentos; estas ejercen alta resistencia a la transferencia de masa y reducen la velocidad de la deshidratación (Arias et al., 2019).

El principal mecanismo de transferencia de masa es la difusión, la fuerza impulsora para la eliminación de agua es el gradiente de concentración entre la solución y el fluido intracelular. La cinética de transferencia de masa se describe generalmente a través de la pérdida de agua, la ganancia de sólidos y la reducción de peso (J. Benavides, 2019).

#### ***2.1.5.2. Flujos principales en la deshidratación osmótica.***

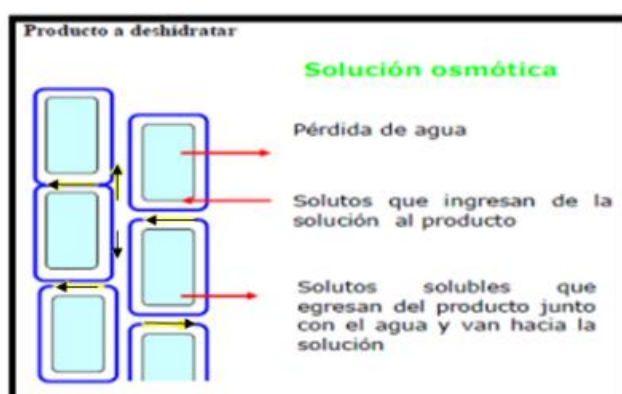
Las membranas de los alimentos son semipermeables por lo cual, esta técnica provoca al menos dos flujos principales simultáneos en contracorriente (Garay, 2019).

Además, es un importante flujo de agua del interior de la fruta hacia el exterior para tratar de equilibrar el potencial químico del agua a ambos lados de dichas membranas (Solar & Ráez, 2020).

Simultáneamente se presenta, en menor cantidad, la entrada de soluto desde la parte externa hacia el interior del producto a deshidratar. Además, hay otro flujo que se debe considerar el que consiste en una mínima pérdida de solutos propios del alimento (azúcares, sales minerales, ácidos orgánicos y otros) que, aunque cuantitativamente es insignificante, puede tener alguna importancia a nivel nutricional y organoléptico (Vega-Gálvez et al., 2007).

### Figura 1

*Transferencia de agua y soluto en la deshidratación osmótica*



*Nota.* El gráfico representa la pérdida de agua y ganancia de sólidos solubles durante la deshidratación osmótica. Tomado de (J. Benavides, 2019).

#### **2.1.5.3. Cloruro de calcio en la deshidratación osmótica.**

La adición de sales de calcio a la solución osmótica aumenta ligeramente la pérdida de agua en el alimento y disminuye la ganancia de soluto. Este efecto se atribuye a una asociación de calcio (que penetra en la fruta) con pectinas de las paredes celulares, con lo que se fortalece la textura de la fruta y se crea un enlace tipo "unión cruzada" capaz de atenuar la difusión de azúcares hacia la fruta debido a un aumento de la tortuosidad y de la viscosidad local (Villamizar, 2014).

#### **2.1.6. Impregnación al vacío**

La impregnación a vacío (VI) de un producto poroso, consiste en el intercambio del gas interno y/o líquido ocluido en los poros abiertos por una fase líquida externa, debido a la acción de mecanismos hidrodinámicos (Cabañas, 2018).

La VI consta de dos etapas: en la primera, la fruta es sumergida en una solución osmótica (SO) y sometida a presión de vacío durante un tiempo ( $t_v$ ); seguida de una segunda etapa de relajación, donde se restaura la presión atmosférica y se deja a la fruta en contacto con la SO durante un determinado tiempo (Fernández, 2007).

#### ***2.1.6.1. Mecanismo Hidrodinámico.***

El mecanismo hidrodinámico (HDM), es el responsable de la incorporación de líquido externo durante la VI de alimentos porosos (Carda Navarro et al., 2021) .

Cuando el producto se sumerge en un líquido y se somete a presiones sub - atmosféricas, el gas ocluido en sus poros sufre una expansión para equilibrarse con la presión impuesta al sistema, lo que implica, por una parte, un nivel de desgasificación de la estructura porosa del alimento, en función de la presión aplicada; y por otra, una penetración del líquido mediante la acción de fuerzas capilares (Ossa Montoya et al., 2023).

Posteriormente, cuando se restaura la presión atmosférica, se crea un nuevo gradiente de presiones que actúa como fuerza impulsora para el ingreso del líquido en los espacios intercelulares o poros del producto (Carda Navarro et al., 2021).

#### ***2.1.6.2. Aplicaciones de la impregnación al vacío.***

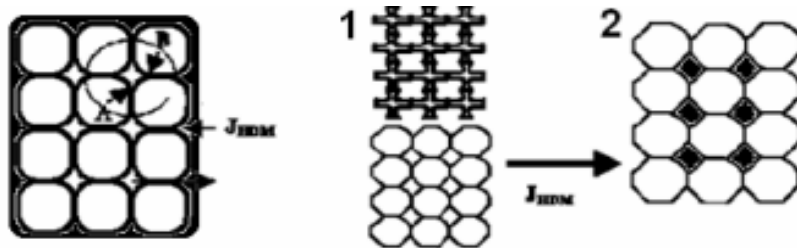
La impregnación a vacío puede ser considerada como una herramienta en el desarrollo de productos vegetales o frutícolas sin destruir su estructura celular mientras convenientemente se modifica su composición original. Según Castro (2007), la impregnación al vacío es una tecnología alimentaria que se le puede aplicar de la siguiente manera:

- Alimentos estructurados tales como frutas y vegetales, tienen una gran cantidad de poros (espacios intercelulares), los cuales son ocupados total o parcialmente por gas o líquido nativo.
- Es posible incorporar nutraceuticos dentro de frutas altamente porosas por medio de VI, y de esta forma desarrollar productos funcionales fortificados.
- La VI ha sido también utilizada como un pre - tratamiento para enlatado, congelado o secado; para mejorar la calidad del producto final.
- El uso de esta técnica puede prevenir el pardeamiento de frutas y vegetales; al incorporar solutos específicos inhibitorios de la reacción antioxidantes (Calero & Gómez, 2021) .

- También por el proceso de remoción de aire de los poros llevado a cabo en la primera etapa (Carda Navarro et al., 2021).

**Figura 2**

*Fenómeno de impregnación al vacío en sólidos porosos*



*Nota.* El gráfico representa el intercambio del gas interno y/o líquido ocluido en los poros abiertos por una fase líquida externa debido a la acción de mecanismos hidrodinámicos (HDM) promovidos por cambios de presión. Tomado de (Castro, 2007).

### **2.1.7. Agentes anti - pardeamientos**

#### **2.1.7.1. Ácido ascórbico.**

Este compuesto es muy eficaz como inhibidor del pardeamiento, no tiene un sabor detectable siendo utilizado para inhibir la enzima disminuyendo el pH. Esta vitamina actúa como un antioxidante, ya que reduce la o-quinona producida antes de que se someta a reacciones secundarias que conducen al pardeamiento (Zarate Paucarpura, 2016).

#### **2.1.7.2. Citrato monosódico.**

El citrato de sodio es un compuesto químico que, por lo general, se refiere al ion del citrato unido a tres átomos de sodio: el citrato trisódico. Sin embargo, puede tratarse también del citrato monosódico o del citrato disódico cuando el citrato se encuentra unido a uno o dos átomos de sodio, respectivamente. Es un regulador de acidez, se considera como un aditivo alimentario que controla la acidez o alcalinidad de un alimento, ya sea para fines de conservación o bien, para su modificación organoléptica o funcional del alimento (Marques et al., 2015).

### **2.1.8. Espectrofotometría UV - Visible**

El fundamento de la espectrofotometría se debe a la capacidad de las moléculas para absorber radiaciones, entre ellas las radiaciones dentro del espectro UV-visible (Meneses, 2018).

Las longitudes de onda de las radiaciones que una molécula puede absorber y la eficiencia con la que se absorben dependen de la estructura atómica y de las condiciones del medio (pH, temperatura, fuerza iónica, constante dieléctrica), por lo que dicha técnica constituye un valioso instrumento para la determinación y caracterización de biomoléculas (Naranjo, 2020).

La espectrofotometría en el ultravioleta y visible consiste en la medida de la absorción de las radiaciones electromagnéticas comprendidas en un intervalo espectral de 200 a 400 nm para la región ultravioleta y de 400 a 800 nm para la región visible (Castellanos et al., 2018).

#### **2.1.8.1. Transmitancia.**

La transmitancia (T) de una sustancia en solución es la relación entre la cantidad de luz transmitida que llega al detector una vez que ha atravesado la muestra,  $I_t$ , y la cantidad de luz que incidió sobre ella,  $I_o$ , y se representa normalmente en tanto por ciento:  $\% T = I_t/I_o \times 100$  (Villegas, 2019).

La transmitancia nos da una medida física de la relación de intensidad incidente y transmitida al pasar por la muestra. La relación entre %T y la concentración no es lineal, pero asume una relación logarítmica inversa (Abril Díaz et al., 2020).

#### **2.1.8.2. Absorbancia.**

La absorbancia (medida de la capacidad de una sustancia de absorber luz de una determinada longitud de onda. La absorbancia es igual al logaritmo del inverso de la transmitancia) de una muestra es proporcional al número de moléculas absorbentes en el haz de luz del espectrómetro (Castellanos et al., 2018).

#### **2.1.8.3. Ley de Lambert-Beer.**

La ley de Beer-Lambert establece que la cantidad de energía que absorbe una solución es proporcional al paso de luz y a la concentración. En pocas palabras, una solución más concentrada absorbe más luz que una diluida (Naranjo, 2020).

La fórmula matemática de la ley de Beer-Lambert es:

$$A = \epsilon \cdot d \cdot c$$

Donde  $\epsilon$  = absortividad molar,  $d$  = paso de luz y  $c$  = concentración.

La absorptividad molar es una constante física única de la muestra que está relacionada con la capacidad de la muestra de absorber luz a una determinada longitud de onda.  $\epsilon$  presenta la unidad como  $L \cdot mol^{-1} \cdot cm^{-1}$  (García, 2016).

### **2.1.9. Teoría del color**

El color es una propiedad importante de una sustancia. El color de la materia está relacionado con su absorptividad o reflexividad. El ojo humano ve el color complementario al que se absorbe (Tokuda, 2023).

En la práctica, tanto la generación como la sensación de color son muy complejas y dependen de muchos factores, como el espectro del iluminante y, en el caso de sólidos, de la estructura de la superficie (Owen, 2000).

#### **2.1.9.1. El espacio de color $L^*a^*b^*$ .**

El sistema CIEL  $L^*a^*b^*$  utiliza tres parámetros para la obtención de una escala de color, “ $L^*$ ” hace referencia a la medición de la luminosidad “ $a^*$ ” y “ $b^*$ ”, son las coordenadas de cromaticidad (Domínguez et al., 2021).

La coordenada  $L^*$  representa la luminosidad, tomando valores desde 0 (negro) a 100 (blanco), mientras que las coordenadas  $a^*$  y  $b^*$  expresan la rueda del color, tomando valores de  $+a^*$  (rojo) hasta  $-a^*$  (verde) y de  $+b^*$  (amarillo) hasta  $-b^*$  (azul) (Hernández, 2020).

De esta manera se puede calcular siguientes variaciones:

- $\Delta L^* = L^*_{m_1} - L^*_{m_2}$
- $\Delta a^* = a^*_{m_1} - a^*_{m_2}$
- $\Delta b^* = b^*_{m_1} - b^*_{m_2}$

Según Piñeiro-Di-Blasi et al., (2014), la variación  $\Delta E^*_{ab}$ , es calculada como la distancia euclidiana entre los puntos resultantes de su representación en el espacio, por lo que  $\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$

#### **2.1.10. Análisis sensorial**

La evaluación sensorial de los alimentos constituye hoy en día un pilar fundamental para el diseño y desarrollo de nuevos productos alimenticios. Considerar los atributos clave que desea el consumidor permite el desarrollo de un perfil ajustado a las expectativas del mercado de competencia (S. Rodríguez et al., 2019).

Desde el punto de vista técnico, la evaluación sensorial es la ciencia que se encarga de percibir las características organolépticas de los alimentos (color, olor, sabor y textura) por medio de los sentidos del organismo (Osorio, 2019).

Está resume los aspectos más importantes en la rama de los alimentos, siendo una herramienta útil para conocer la aceptación de un producto o para crear nuevos a partir de una formulación. Así mismo, la calidad sensorial de un alimento es el resultado de la interacción entre éste y el individuo, provocando determinados estímulos modulados de los atributos claves al paladar (Osorio, 2019).

Inicialmente, será necesaria la caracterización sensorial y su correlación con las características fisicoquímicas del producto para definir lo que se entiende como su perfil y para establecer si se satisfacen las demandas del consumidor, así como para conocer cuáles son los atributos del mismo que más influyen en su aceptabilidad (Ibañez & Barcina, 2001).

### ***2.1.II. Alimentos mínimamente procesados***

Como “Procesado Mínimo de alimentos”, se entiende la aplicación de una serie de tecnologías (barreras), que combinadas o no, deben mantener las características del alimento lo más cercanas posible a las del producto fresco, además de mejorar su vida comercial útil en términos microbiológicos, sensoriales y nutricionales (Cano, 2010).

Son conservados, distribuidos y comercializados en condiciones de refrigeración (2-7 °C) y están listos para ser consumidos crudos sin ningún tipo de operación adicional durante un periodo de vida útil de 7 a 10 días (Calero & Gómez, 2021).

La actividad metabólica relacionada con los procesos de deterioro se acentúa luego de la cosecha y se va incrementando durante las distintas etapas y condiciones de operación. El daño sobre la calidad de los VMP aumenta durante el procesamiento principalmente debido a la ruptura del tejido vegetal por daños mecánicos, por ejemplo, durante las operaciones de pelado y cortado, que pueden acelerar procesos fisiológicos naturales (S. Rodríguez et al., 2019).

Esa ruptura desencadena procesos bioquímicos y físicos, que pueden provocar la degradación del color, textura, sabor y aroma del producto, como también alteración microbiológica. Es importante conocer cada uno de estos fenómenos para poder evitarlos o minimizar sus efectos (J. M. Rodríguez, 2018).

### ***2.1.11.1. Beneficios de los vegetales mínimamente procesados.***

El consumo de hortalizas y frutas mínimamente procesadas tiene importantes beneficios para la salud. Son fuente natural de minerales, vitaminas, fibra alimentaria y agua, y además su aporte calórico es significativamente menor al de otros alimentos (Parzanese, 2020).

El actual ritmo de vida, con escaso tiempo para preparar comidas equilibradas, ha provocado la demanda de productos vegetales naturales, frescos, saludables y dispuestos para consumir, como los mínimamente procesados en fresco (MPF), denominados comercialmente de la "cuarta gama" de la alimentación. La oferta ha aumentado notablemente en los países industrializados, siendo muy competitivos y aportando nuevos productos y desarrollando nuevas tecnologías emergentes y sostenibles para garantizar la calidad sensorial y nutritiva y la seguridad alimentaria (Calero & Gómez, 2021).

Esto ha ocasionado modificaciones en el consumo alimenticio, debido a que estos facilitan la preparación de comidas saludables y agradables, con reducción de tiempo y en la producción de residuos, ya que el consumidor adquiere sólo la porción comestible del producto. Además, ha llevado a la aparición de nuevas presentaciones (mezclas de hortalizas cortadas o frutas mínimamente procesadas), en las cuales el enfoque es complementar nutrientes como vitaminas, minerales y antioxidantes los cuales son aportados por los diferentes vegetales (Hernández et al., 2009).

## **2.2. Marco referencial**

Según Silveira (2017), mezclas de agentes antipardeantes tales como el ácido ascórbico y el ácido cítrico se emplean comúnmente y tienen un efecto sinérgico. Por ejemplo, la combinación de sulfato ácido de sodio al 1 % con ácido cítrico y ácido ascórbico a la misma concentración fue efectiva para controlar el pardeamiento en papas de IV gama.

Sin embargo, Marchart (2007), considera que el ácido ascórbico es muy reactivo y se oxida rápidamente a ácido dehidroascórbico (DHAA), pudiendo reaccionar con otros compuestos que conllevan a cambios en la calidad de frutos y vegetales.

Lilisbeth et al., (2017), hace énfasis en que la adición de cierta cantidad de ácido ascórbico (0,5 a 1 % del peso del producto), especialmente en frutas, zumos o pulpas de frutas, convierte las quinonas en fenoles retardando el proceso de pardeamiento.

Por ende, Durazno & Espinoza (2020), en su investigación basada en el diseño de una línea de producción de yuca congelada para exportación, afirma que, al emplear sales antioxidantes como método de conservación, debe ser en concentraciones bajas y no tóxicas; además de no afectar negativamente el sabor y olor de este tubérculo.

Meneses Portilla et al., (2021), realizó un recubrimiento comestible en la variedad de yuca Valenciana evidenciando que el uso de ácido salicílico en combinación con recubrimientos comestibles es una tecnología a considerar para el control del deterioro postcosecha de la yuca por sus cualidades para el control de la firmeza, color y crecimiento fúngico.

Además, Braen (2018), planteó en su investigación que los factores más importantes en la evolución del pardeamiento son la concentración de polifenoloxidasas (PFO) activa y de compuestos fenólicos, el pH, la temperatura y el oxígeno disponible en el tejido.

Ceballos (2005), deduce que los tratamientos con calcio, y el supuesto reforzamiento de la estructura celular, dan lugar a una mayor limitación en la velocidad de transporte de agua, una mayor efectividad de la impregnación por vacío y un incremento en la velocidad de transporte de solutos.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **3.1. Localización**

La presente investigación se llevó a cabo en los laboratorios de suelos, química y bromatología perteneciente a la Finca Experimental “La María” de la UTEQ, ubicada en el Cantón Mocache, Km 7 vía Quevedo – El Empalme.

### **3.2. Tipo de investigación**

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación, es necesario emplear la investigación descriptiva, experimental y bibliográfica, que me permiten evaluar el efecto de la deshidratación osmótica e impregnación al vacío de sales antioxidantes para la conservación de yuca blanca (*Manihot esculenta Crantz*).

#### ***3.2.1. Investigación descriptiva***

Se describen las variables y su efecto en la investigación, dando manifiesto a nuevos problemas y preguntas específicas sobre los componentes del fenómeno a investigar. Por ende, se pretende evaluar el comportamiento físico-químico y fisiológico, con diferentes métodos de conservación influyendo en la yuca blanca.

#### ***3.2.2. Investigación experimental***

Depende de los tratamientos, repeticiones, unidades experimentales y variables sujetos de evaluación a través de un diseño experimental. En este caso, se empleará un diseño A x B x C, a fin de determinar las causas y/o los efectos de los fenómenos en estudio.

#### ***3.2.3. Investigación bibliográfica***

Permite recopilar y buscar todo tipo de información enfocada con la realidad en estudio, es importante contar con información relevante que contribuya a la formulación del problema de investigación gracias al reconocimiento de aspectos teóricos e históricos.

### **3.3. Métodos de investigación**

Para el desarrollo de la investigación, se emplearon los siguientes métodos: analítico, deductivo y de observación, propiciando nuevos conocimientos, herramientas e hipótesis que contribuyan a la solución del problema.

### ***3.3.1. Método analítico***

Se sujetará a la sistematización y procesamiento de datos a través de paquetes estadísticos y la posterior interpretación de los resultados. Este método permite comprobar la hipótesis, analizando el problema planteado, identificando las posibles soluciones que permitan inhibir el pardeamiento en yuca blanca y a su vez, los efectos que produce cada variable de estudio en su conservación.

### ***3.3.2. Método deductivo***

Se empleó este método desde un razonamiento más general y lógico, extrayendo conclusiones congruentes a partir del comportamiento de cada uno de los elementos que intervienen en el objeto de estudio. En este caso, se partió del proceso por el cual la yuca evidencia un deterioro postcosecha y alteraciones en sus propiedades organolépticas que limitan su consumo, comercialización y aprovechamiento en la cadena agrícola e industrial.

### ***3.3.3. Método de observación***

Este método consiste básicamente en recoger datos a través de la visión objetiva, representa una forma práctica de generar un acercamiento a la realidad, observando el grado de oscurecimiento que atraviesan los tubérculos durante su crecimiento, recogida y almacenamiento. Además, permite evidenciar los cambios estructurales en sus tejidos, con la aplicación de sales antioxidantes mediante deshidratación osmótica e impregnación al vacío.

## **3.4. Fuentes de recopilación de información**

Para la recopilación de datos e información, se aplicaron diversas técnicas e instrumentos complementarios, que permitan establecer datos importantes y significantes que contribuyan al cumplimiento de los objetivos planteados en la investigación.

Por tal motivo, se empleó fuentes primarias y secundarias, como instrumentos para recolectar datos e información sobre las variables de interés, detalladas a continuación:

### ***3.4.1. Fuentes primarias***

Los análisis realizados en laboratorio y el trabajo de campo son la principal fuente de información para la toma de datos relacionados con el fenómeno en estudio.

- **Espectrofotometría Uv – visible:** Mediante los datos obtenidos de la absorbancia en el extracto de la yuca, se podrá establecer su capacidad oxidativa en función del tiempo.
- **Análisis bromatológicos:** La recolección de datos en los diferentes análisis físico – químicos, permite conocer más sobre las características funcionales del tubérculo y el comportamiento de sus variables en estudio.
- **Análisis sensorial:** A través de pruebas de catación, se obtendrá información general sobre las características sensoriales y la aceptabilidad de la yuca que fue deshidratada e impregnada con sales antioxidantes.
- **Análisis de colorimetría:** Mediante la técnica de Colorimetría método CIELab, se evalúa los parámetros de luminosidad ( $L^*$ ), coordenada  $a^*$  y  $b^*$  para correlacionar los valores numéricos de color consistentemente con la percepción visual humana en base a las reacciones del pardeamiento en las muestras de yuca blanca.

#### **3.4.2. Fuentes secundarias**

Son todos aquellos medios externos que satisfacen las necesidades de conocimiento del problema presentado y que, posteriormente dicha información será utilizada para lograr los objetivos esperados. Las fuentes secundarias empleadas en la investigación son las siguientes:

- Libros académicos
- Artículos científicos
- Tesis de Pregrado, Posgrado y Doctoral
- Informes Técnicos
- Prueba de catación

#### **3.5. Diseño de la investigación**

Se empleará un diseño factorial  $A \times B \times C$ , conformado por 3 factores en estudio, Factor A correspondiente al método de conservación, el Factor B conformado por las sales antioxidantes y el Factor C constituye los porcentajes de concentración a emplearse.

Con la combinación de los 3 factores se establecieron 12 tratamientos, cada tratamiento con tres repeticiones, obteniendo un total de 36 unidades experimentales.

### 3.5.1. Factores de estudio

Los factores de estudio que me permiten identificar y cuantificar la causa – efecto dentro del estudio experimental, son que se describen en la Tabla 3.

**Tabla 3**

*Descripción de los factores de estudio que intervienen en la conservación de la yuca blanca.*

<b>Factores de estudio</b>	<b>Simbología</b>	<b>Descripción</b>
A: Método	a <sub>0</sub>	Impregnación al vacío
	a <sub>1</sub>	Deshidratación osmótica + Impregnación al vacío
B:Sales antioxidantes	b <sub>0</sub>	Ácido ascórbico
	b <sub>1</sub>	Citrato monosódico
C: % de concentraciones	c <sub>0</sub>	0,5 %
	c <sub>1</sub>	0,75 %
	c <sub>2</sub>	1 %

ELABORADO: AUTORA

### 3.5.2. Tratamientos

Para realizar la presente investigación, se tomó en cuenta los factores y niveles de estudio, los mismos que serán objeto de comparación.

**Tabla 4**

*Tratamientos propuestos para reducir el pardeamiento de la yuca blanca mediante deshidratación osmótica e impregnación al vacío de sales antioxidantes.*

<b>N.º</b>	<b>Simbología</b>	<b>Descripción</b>
1	a <sub>0</sub> b <sub>0</sub> c <sub>0</sub>	Impregnación al vacío + ácido ascórbico + 0,5 %
2	a <sub>0</sub> b <sub>1</sub> c <sub>0</sub>	Impregnación al vacío + citrato monosódico + 0,5 %
3	a <sub>0</sub> b <sub>0</sub> c <sub>1</sub>	Impregnación al vacío + ácido ascórbico + 0,75 %
4	a <sub>0</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub>	Impregnación al vacío + citrato monosódico + 0,75 %

5	$a_0b_0c_2$	Impregnación al vacío + ácido ascórbico + 1 %
6	$a_0b_1c_2$	Impregnación al vacío + citrato monosódico + 1 %
7	$a_1b_0c_0$	Deshidratación osmótica – Impregnación al vacío + ácido ascórbico + 0,5 %
8	$a_1b_1c_0$	Deshidratación osmótica – Impregnación al vacío + citrato monosódico + 0,5 %
9	$a_1b_0c_1$	Deshidratación osmótica – Impregnación al vacío + ácido ascórbico + 0,75 %
10	$a_1b_1c_1$	Deshidratación osmótica – Impregnación al vacío + citrato monosódico + 0,75 %
11	$a_1b_0c_2$	Deshidratación osmótica – Impregnación al vacío + ácido ascórbico + 1 %
12	$a_1b_1c_2$	Deshidratación osmótica – Impregnación al vacío + citrato monosódico + 1 %

---

ELABORADO: AUTORA

### ***3.5.3. Variables de estudio***

Las variables que son manipuladas para determinar el efecto de los distintos métodos de conservación sobre la yuca son las siguientes:

- Absorbancia
- Humedad
- Ceniza
- pH
- Sabor
- Aceptabilidad
- Luminosidad
- Coordenadas  $a^*$  y  $b^*$

### **3.6. Instrumentos de investigación**

#### ***3.6.1. Materia prima en estudio***

La materia prima a emplearse es Yuca Blanca (*Manihot esculenta Crantz*), obtenida de la Finca “4 Hermanos”, ubicada Vía Mocache – Pichilingue, Recinto “La Angostura”.

#### ***3.6.2. Preparación de la muestra***

Se realizó la recepción y selección de la materia prima (yuca blanca), se procedió a retirar la cáscara, hacer un cortado, un lavado para eliminar impurezas o suciedad adherida en su superficie y por consiguiente un pesado para obtener su peso neto.

#### ***3.6.3. Descripción del proceso de deshidratación osmótica***

Los trozos de yuca (500 gr) fueron deshidratados osmóticamente en solución de cloruro de calcio al 5 % en un baño con recirculación interna marca WiseCircu, el tiempo inmersión fue de 2 horas y una temperatura de 27 °C.

Se preparó una solución comercial de CaCl<sub>2</sub> de grado alimentario al 50 %, marca Tecnolac, de la misma se empleó 0.75 L en 7.5 litros de agua destilada para trabajar bajo una concentración del 5 % de CaCl<sub>2</sub>.

Una vez culminado el tiempo de los tratamientos, las muestras deshidratadas fueron escurridas por 10 minutos y secadas con papel absorbente para eliminar el exceso de agua en su superficie.

#### ***3.6.4. Descripción del proceso de impregnación al vacío***

##### ***3.6.4.1. Preparación de soluciones de ácido ascórbico y citrato monosódico al 0.5, 0.75 y 1 %.***

Se preparó una solución al 1 % de ácido ascórbico y citrato monosódico en dos matraces volumétricos, colocando 1000 ml de agua destilada y 10 gramos de cada compuesto químico.

Para obtener las soluciones de 0.5 % y 0.75 %, a partir de la solución de 1 % se emplea la siguiente ecuación:

$$C_1 * V_1 = C_2 * V_2$$

C1 = concentración de la solución concentradas (solución madre o inicial).

V1 = volumen necesario de la solución concentrada.

C2 = concentración de la solución diluida (solución final).

V2 = volumen final de la solución diluida.

Una vez, realizado el cálculo se coloca en un matraz aforado de 250 ml para 0.5 %, 125 ml y en 0.75 %, 188 ml de solución de los compuestos químicos.

#### ***3.6.4.2. Impregnación al vacío de sales antioxidantes.***

Los trozos de yuca fueron colocados en empaques al vacío marca Vacmaster, sumergidos en diferentes concentraciones al 0.5, 0.75 y 1 % de ácido ascórbico y citrato monosódico. Para luego ser ingresados en una empacadora al vacío marca Vacuum Packager, con la finalidad de extraer el aire y facilitar el ingreso de sales antioxidantes en su interior.

Las condiciones constantes utilizadas durante el proceso de impregnación fueron las siguientes: presión -0.1 MPa; tiempo de impregnación 5 minutos por tratamiento. Este proceso, se realizó dos veces de manera consecutiva para garantizar su impregnación.

#### ***3.6.5. Descripción del proceso de ambiente controlado***

Los tratamientos que fueron deshidratados osmóticamente e impregnado con sales antioxidantes, ingresan a una estufa marca Memmert en condiciones constante; 40 °C en 4, 8 y 18 horas, con recirculación de aire, para acelerar el pardeamiento de la yuca y evidenciar cambios favorables en la estructura de la yuca.

#### ***3.6.6. Obtención del extracto de la yuca blanca***

Se colocó los trozos de yuca en un extractor de jugos marca Oster, obteniendo alrededor de 50 ml de extracto de yuca a partir de 396 gramos de yuca.

##### ***3.6.6.1. Filtración del extracto de yuca.***

**Primera filtración:** Se realizó con un papel filtro marca Bunn VP17-2 de alta porosidad.

**Segunda filtración:** El extracto de la primera filtración, se colocó en 2 tubos de ensayos para ser ingresados a una centrifugadora marca Rotina 420, durante 10 minutos, a 5000 rpm. Esto, con la finalidad de separar los sólidos que se encuentran dispersos en la fase líquida.

**Tercera filtración:** Se empleó un papel de filtro cualitativo con baja porosidad (3 -5UMPK / 100) y un sistema de filtración al vacío compuesto por un kitazato marca Sartorius Stedim, bomba al vacío y embudo Büchner.

### ***3.6.7. Descripción del proceso de espectrofotometría UV – visible***

El extracto de yuca que atravesó 3 fases de filtración, se lo debe diluir de la siguiente manera:

1: 10 (1 ml de extracto de yuca en 9 ml de agua destilada)

1:15 (1 ml de extracto de yuca en 14 ml de agua destilada)

Las mediciones se realizaron en celdas de cuarzo de cuarzo de 10 mm de paso óptico marca Velab y un espectrofotómetro Uv – visible modelo GENESYS™ 10S UV/Vis, en un rango de longitud de onda ( $\lambda$ ) de 220 a 380 nm.

Este proceso, primero se llevó a cabo en la yuca fresca sin ningún método de conservación, para registrar la absorbancia que presenta. Se realizó un barrido en todo el rango del espectro UV (220 nm a 380 nm), donde se observó que el máximo de absorbancia estaba en la longitud de onda ( $\lambda$ ) de 260 nm, esta longitud se tomó como referencia para registrarla en todas las unidades experimentales.

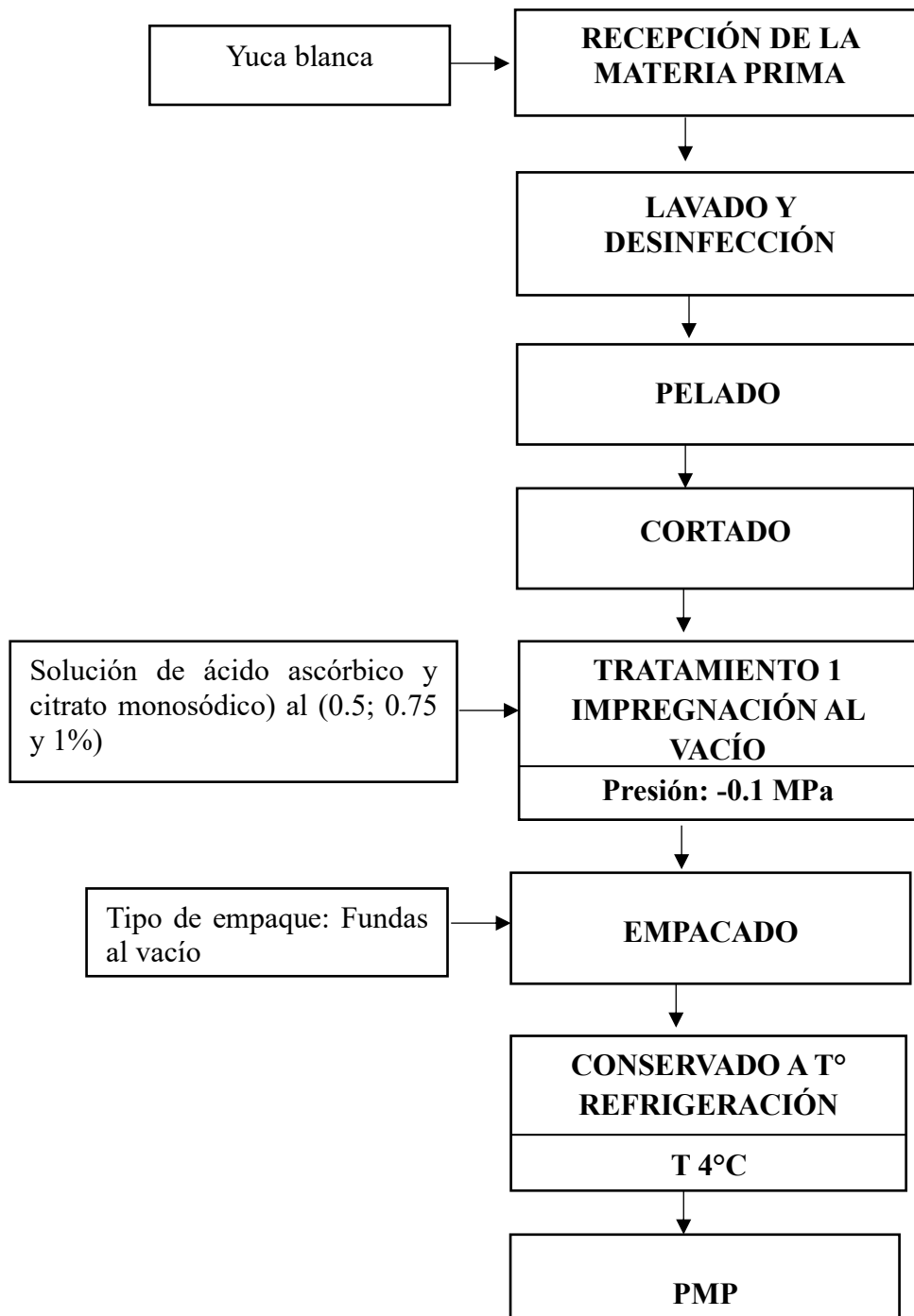
Esta técnica analítica se utilizó en cada uno de los tratamientos para conocer el cambio de absorbancia después de haber sido expuesto a un ambiente controlado. Es decir, una vez que la yuca blanca fue sometida a los métodos de conservación, inmediatamente (0 horas) se empleó la espectrofotometría, luego a las 4 y 8 horas de haber permanecido en estufa a 40 °C.

Teniendo en cuenta que, a pesar de haber empleado las condiciones de temperatura ambiente en los tratamientos a las 18 horas, no se realizó la espectrofotometría UV ya que se requería mayor cantidad de materia prima debido a la gran pérdida de humedad.

### 3.6.8. Diagrama de flujo de la yuca blanca mínimamente procesada

Figura 3

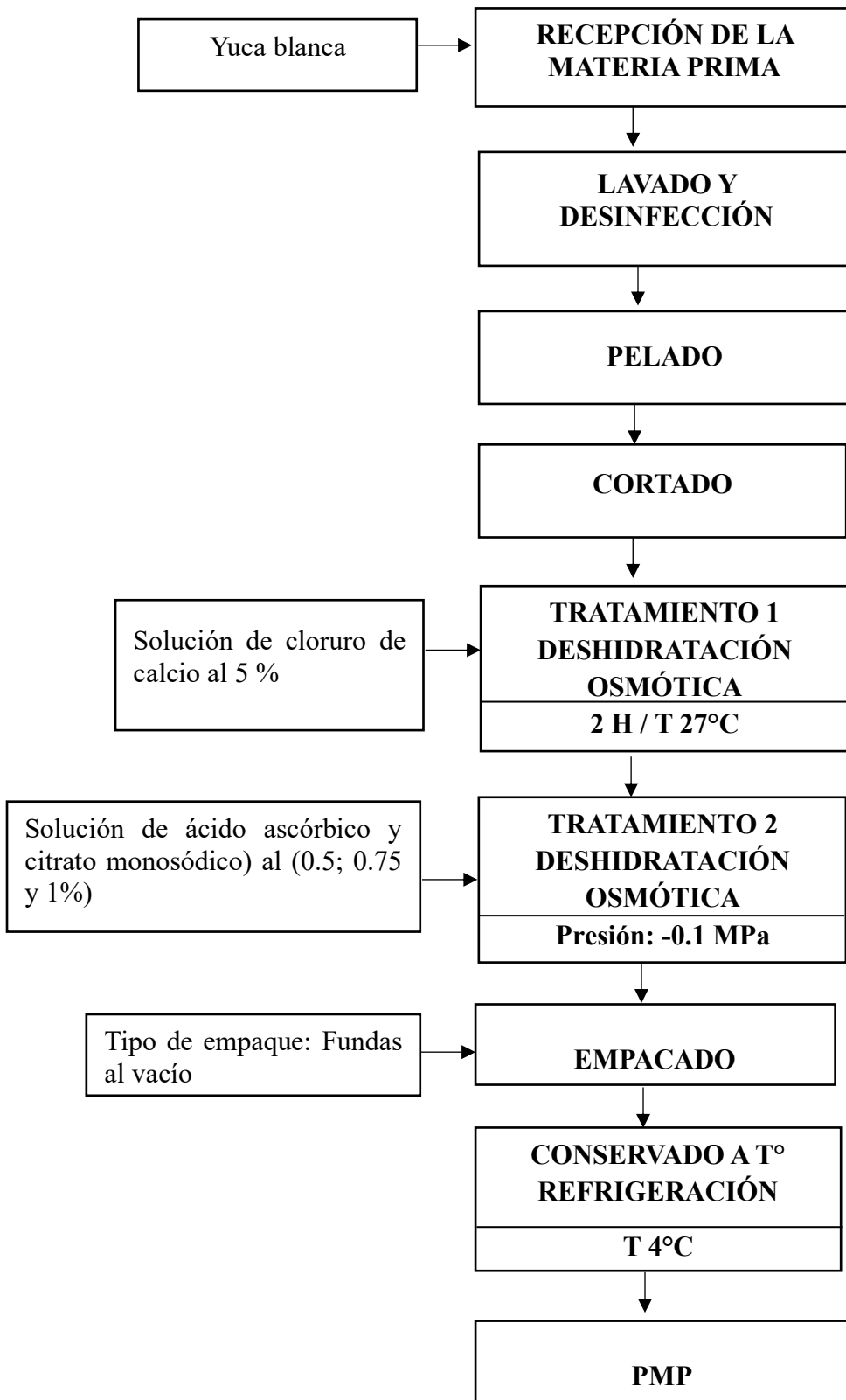
Diagrama de flujo empleando impregnación al vacío.



ELABORADO: AUTORA

**Figura 4**

*Diagrama de flujo empleando Deshidratación osmótica + Impregnación al vacío.*



ELABORADO: AUTORA

### **3.6.9. Descripción del color en el espacio Ciel\*a\*b\***

Se comprobó el pardeamiento y los resultados obtenidos en la espectrofotometría mediante la técnica de Colorimetría método CIEL a \* b evaluando los atributos de luminosidad, croma y tono.

Las fotografías fueron tomadas mediante un teléfono inteligente, marca Samsung A50 con una cámara de 25 Megapíxeles., a una altura de 45 cm, con un campo de visión de 123 grados, similar al ojo humano.

Para esto se tomaron 10 mediciones en diferentes zonas de la muestra para tener un mejor mapeo del cambio de color, datos que fueron ingresados al software ImageJ versión 1.52v.

### **3.6.10. Análisis Bromatológico**

Para evaluar la influencia de los métodos de conservación en cada una de las muestras, se realizó pH, humedad y ceniza.

#### **3.6.10.1. Determinación de pH.**

Se determinó el pH por triplicado de acuerdo con el método potenciométrico INEN 389 (1985). Se introdujo el electrodo en 10 ml de extracto de yuca usando un pH-metro de marca Termo Scientific: Orion Star, previamente calibrado.

#### **3.6.10.2. Determinación de humedad.**

Se determinó por el método AOAC 925.09 (1996). Se hizo uso de una estufa y una balanza digital Mettler Toledo de precisión 0.001 g. El porcentaje de humedad se lo realizó mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de humedad} = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} * 100$$

Donde:

m<sub>1</sub>: Masa de la cápsula vacía (g)

m<sub>2</sub>: Masa de la cápsula más muestra antes del secado (g)

m<sub>3</sub>: Masa de la cápsula más muestra desecada (g)

### **3.6.10.3. Determinación de ceniza.**

Este análisis se efectuó según el método gravimétrico AOAC 923.03 (2005); basado en la calcinación de la muestra para la obtención de cenizas. El peso del calcinado se compara con el peso original de la muestra. El resultado se expresó según la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de ceniza} = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0} * 100$$

Donde:

$m_0$ : Masa de la cápsula vacía (g)

$m_1$ : Masa de la cápsula más muestra (g)

$m_2$ : Masa de la cápsula con la ceniza (g)

### **3.6.11. Aceptabilidad en el sabor de la yuca mínimamente procesada**

El cambio de sabor y su aceptabilidad, se evaluó mediante un análisis sensorial, realizado a 42 panelistas. Para esto, las muestras de yuca mínimamente procesadas fueron cocidas a temperatura de 100 °C por un tiempo de 10 min, en proporciones de; para 300 g de yuca se utilizó 1L de agua. Luego se procedió a servir las muestras de los tres mejores tratamientos en platos codificados según los resultados obtenidos en una prueba de comparación de medias, como la de Tukey.

#### **3.6.11.1. Fichas de catación.**

En esta investigación, se emplearon fichas de catación para determinar si existe una alteración o cambio de sabor en la yuca que fue deshidratada e impregnada con sales antioxidantes, y realizar una comparación con el sabor de la yuca que no ha atravesado ningún tratamiento adicional.

#### **3.6.11.2. Fichas de catación descriptiva.**

Para mostrar el rango de preferencia en atributo sabor, se utilizó una escala hedónica del 1 al 5, (1 = salado, 2 = amargo, 3 = neutro, 4 = astringente, y 5 = dulce) y de igual manera, para su aceptabilidad (1 = no me gusta, 2 = me disgusta, 3 = ni me gusta ni me disgusta, 4 = me gusta, y 5 = me gusta mucho) en la evaluación de cada tratamiento.

### **3.7. Tratamiento de los datos**

Se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) para evaluar el pardeamiento en la yuca blanca, de la misma manera se realizó la prueba de Tukey en los resultados experimentales para estimar la diferencia entre la media de los tratamientos con un nivel de confianza del 95%.

Dichos datos fueron ordenados y representados mediante gráficos en Microsoft Excel 2016, para ser ejecutados e interpretados en el software estadístico Infostat 2020 y Statgraphics Centurion 18.

### **3.8. Recursos humanos y materiales**

#### ***3.8.1. Recursos humanos***

Para el desarrollo de ideas y trabajo en equipo, que contribuya a la solución del problema, se tomó en cuenta la participación de las siguientes personas:

- Ing. Rojas Uribe Loguard M.Sc. Director del Proyecto de Investigación – UTEQ.
- Ing. Abelardo Jerónimo Alderete Rendón, MSc. Co-director del Proyecto de Investigación - UTEQ.
- Srta. Alcivar Vera Jennifer. Estudiante – Tesista.

#### ***3.8.2. Recursos materiales.***

Para la ejecución del presente proyecto de investigación, se describe la materia prima, equipos, utensilios e insumos utilizados en la fase experimental y la redacción de cada uno de sus componentes.

##### ***3.8.2.1. Materia prima.***

- Yuca blanca

##### ***3.8.2.2. Reactivos.***

- Cloruro de calcio
- Ácido ascórbico
- Citrato monosódico
- Agua destilada

### **3.8.2.3. Equipos.**

- Recirculador de baño maría
- Empacadora al vacío
- Estufa con recirculación de aire
- Potenciómetro
- Cocina industrial
- Equipo de filtración al vacío
- Mufla
- Centrifugadora
- Espectrofotómetro UV – visible
- Bomba al vacío
- Software ImageJ

### **3.8.2.4. Materiales.**

- Utensilios de cocina (cuchillo)
- Celdas de cuarzo de paso óptica
- Papel absorbente
- Material de plástico y vidrio de laboratorio
- Empaques al vacío
- Toallas absorbentes
- Bandejas de aluminio

## **CAPÍTULO IV**

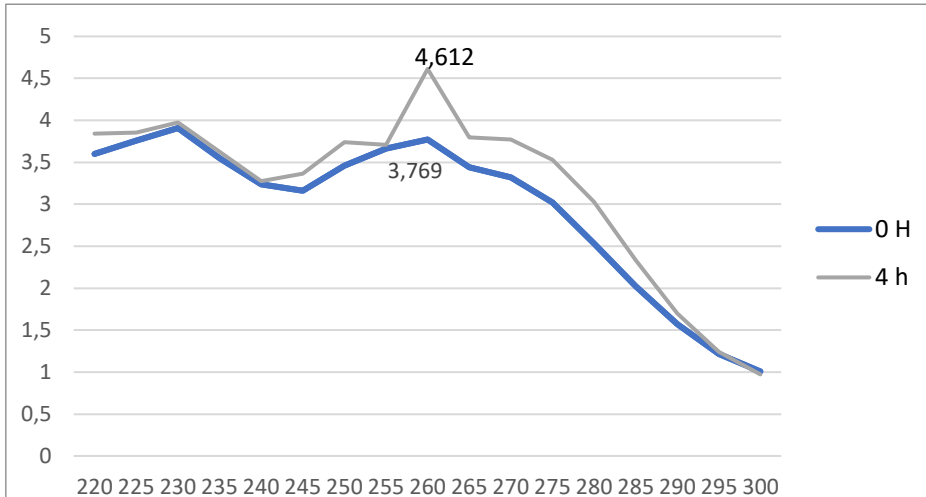
### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

## 4.1. Resultados

### 4.1.1. Análisis de espectrofotometría Uv – visible

**Figura 5**

*Espectrofotometría Uv – visible en 0 y 4 horas con yuca blanca fresca.*

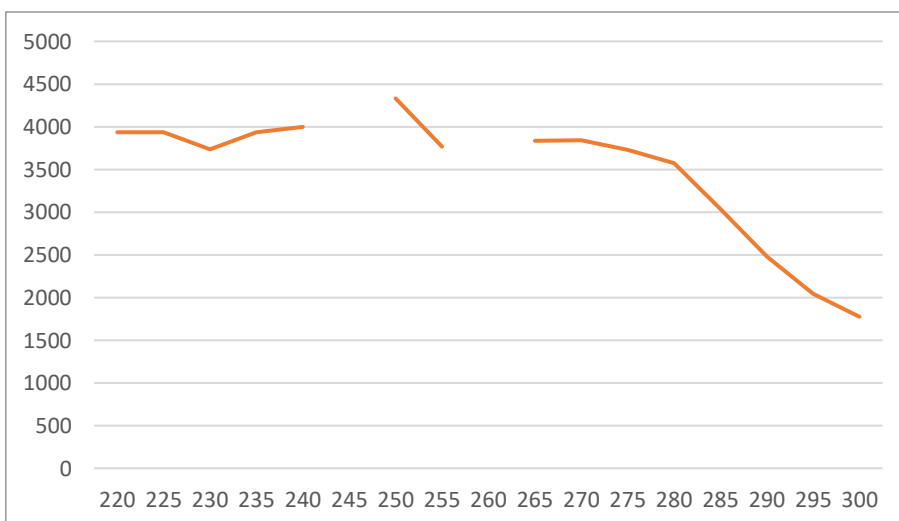


ELABORADO: AUTORA

En la figura 5, se muestran los resultados de absorbancia en la hora 0 y 4 de los trozos de yuca que no han atravesado ningún método de conservación, dando como resultado un máximo de absorbancia 3,769 y 4,612 en la longitud de onda ( $\lambda$ ) 260 nm.

**Figura 6**

*Espectrofotometría Uv – visible en 8 horas con yuca blanca fresca.*

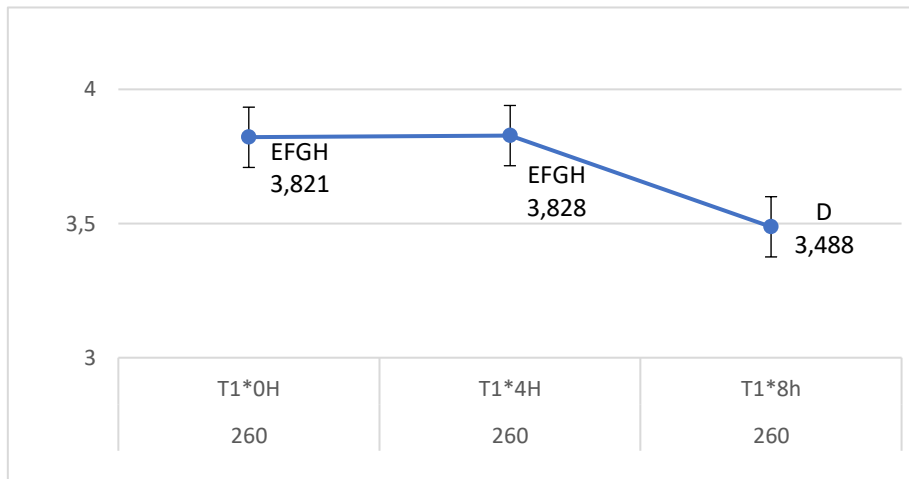


ELABORADO: AUTORA

En la figura 6, se puede observar que los valores de absorbancia para los picos en la longitud de onda ( $\lambda$ ) 245 y 260 nm están por encima del valor máximo que registra el equipo (5%), por el incremento de pardeamiento en la yuca, luego de permanecer 8 horas en un ambiente controlado.

**Figura 7**

*Espectrofotometría Uv – visible en el tratamiento 1.*

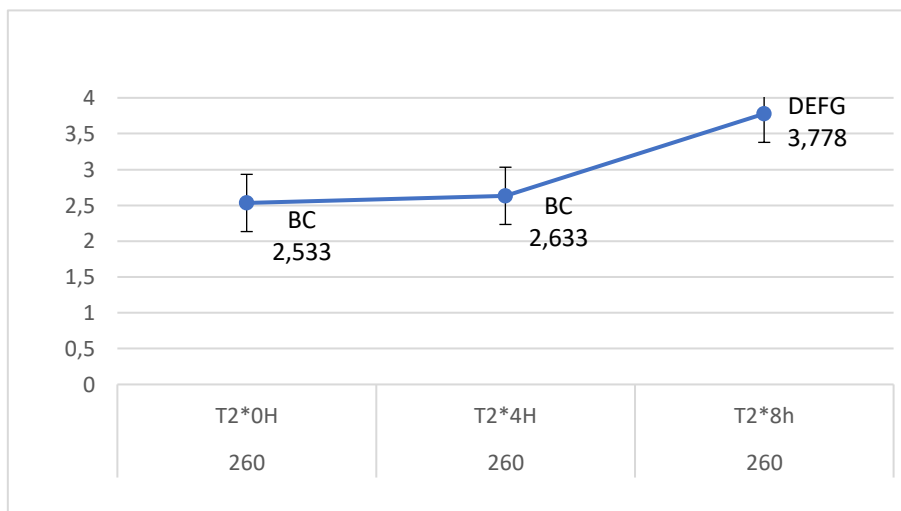


ELABORADO: AUTORA

En la figura 7, se observa que la absorbancia, se mantiene durante la hora 0 y 4 con valores de 3,821 – 3,828. Sin embargo, al pasar las 8 horas, se registra un descenso con una absorbancia de 3,488 en la longitud de onda ( $\lambda$ ) 260 nm.

**Figura 8**

*Espectrofotometría Uv – visible en el tratamiento 2.*

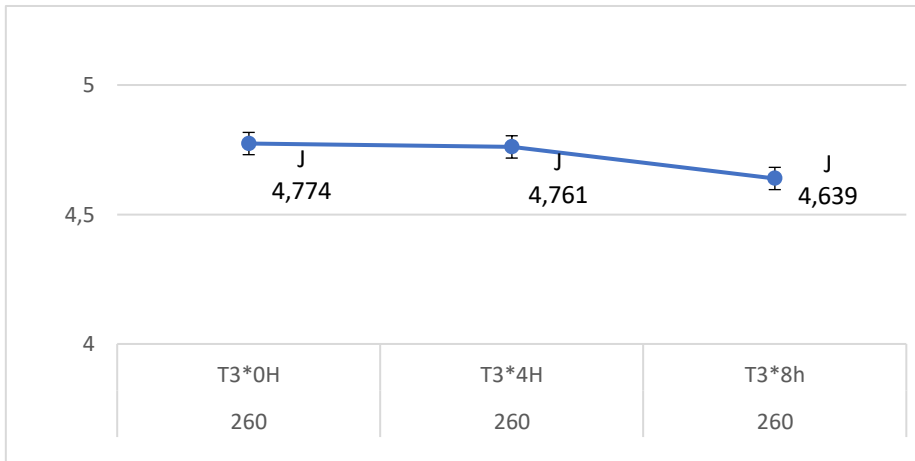


ELABORADO: AUTORA

En la figura 8, se observa que existe un incremento de pardeamiento en el lapso de la hora 4 a 8, obteniendo valores de 2,633 - 3,778 en la longitud de onda ( $\lambda$ ) 260 nm. Mientras que de la hora 0 a 4, la absorbancia se mantiene constante.

**Figura 9**

*Espectrofotometría Uv – visible en el tratamiento 3.*

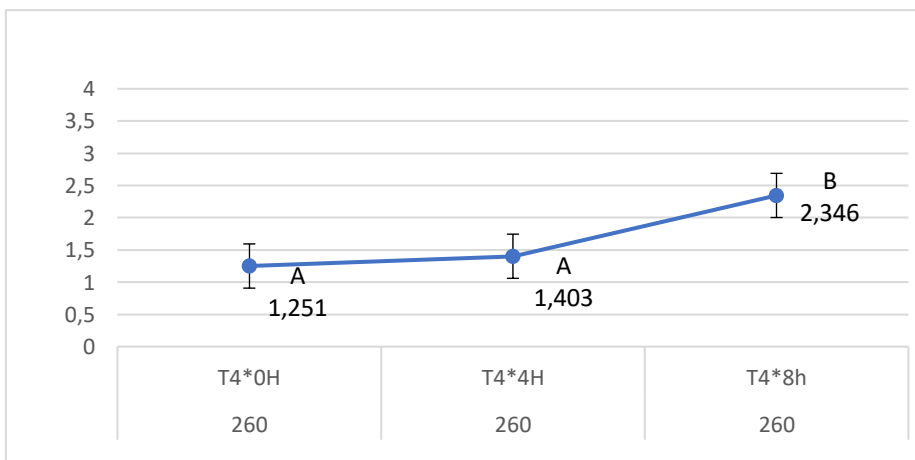


ELABORADO: AUTORA

En la figura 9, se registra una absorbancia en la hora 0 (4,774), 4 (4,761) y 8 (4,639) en la longitud de onda ( $\lambda$ ) 260 nm, evidenciando que no existe un aumento significativo de pardeamiento en los trozos de yuca, considerando que es uno de los mejores tratamientos, al emplear impregnación al vacío en una solución de ácido ascórbico al 0.75 %.

**Figura 10**

*Espectrofotometría Uv – visible en el tratamiento 4.*

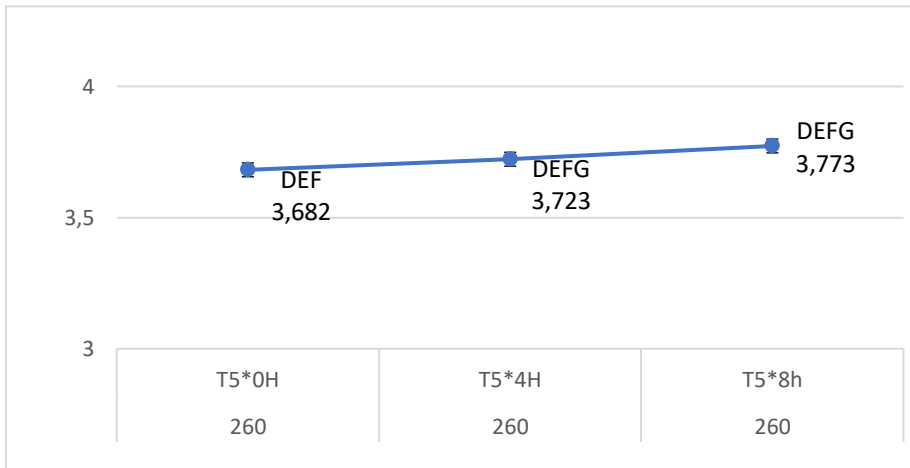


ELABORADO: AUTORA

En la figura 10, se evidencia que de la hora 0 (1,251) a 4 (1,403), existe un mínimo incremento de pardeamiento. Sin embargo, de la hora 4 a 8 (2,346) se registra un aumento de absorbancia en la longitud de onda ( $\lambda$ ) 260 nm.

**Figura 11**

*Espectrofotometría Uv – visible en el tratamiento 5.*

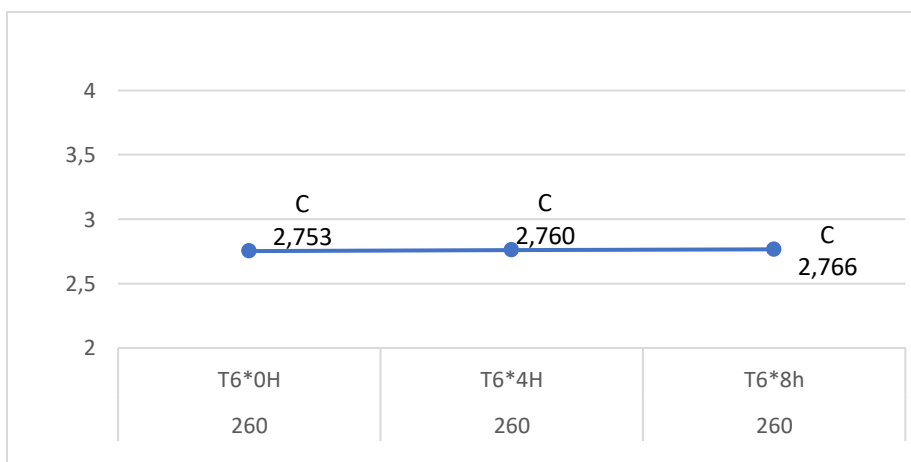


ELABORADO: AUTORA

En la figura 11, existe un ligero aumento de pardeamiento durante el lapso de la hora 0 (3,682), 4 (3,723) y 8 (3,773), sin embargo, el máximo de absorbancia se sigue registrando en la longitud de onda ( $\lambda$ ) 260 nm, igual que en la yuca fresca sin ningún tratamiento adicional.

**Figura 12**

*Espectrofotometría Uv – visible en el tratamiento 6.*

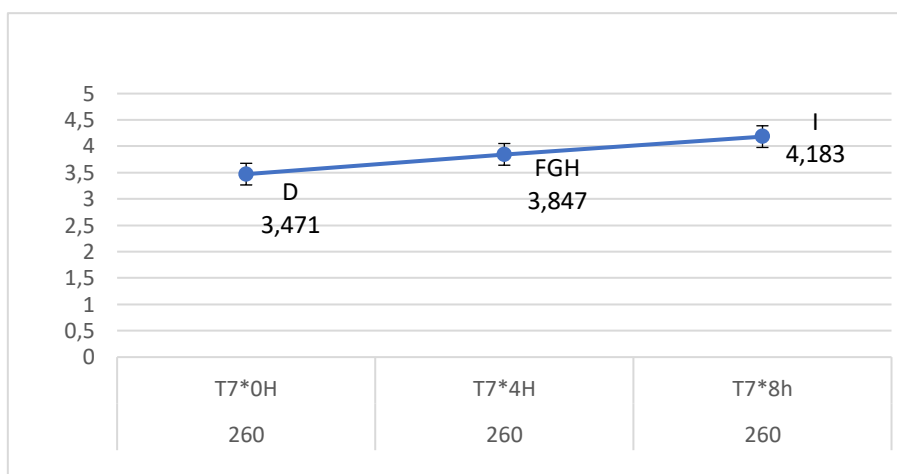


ELABORADO: AUTORA

En la figura 12, los trozos de yuca no presentan cambio de color en su estructura debido al pardeamiento, ya que sus valores de absorbancia registrados en la longitud de onda ( $\lambda$ ) 260 nm, se mantienen constante siendo para la hora 0 (2,753), 4 (2,760) y 8 (2,766). Debido a esto, se considera que la impregnación al vacío en una solución de citrato monosódico al 1%, nos permite reducir los niveles de oxidación en la yuca blanca.

### Figura 13

*Espectrofotometría Uv – visible en el tratamiento 7.*

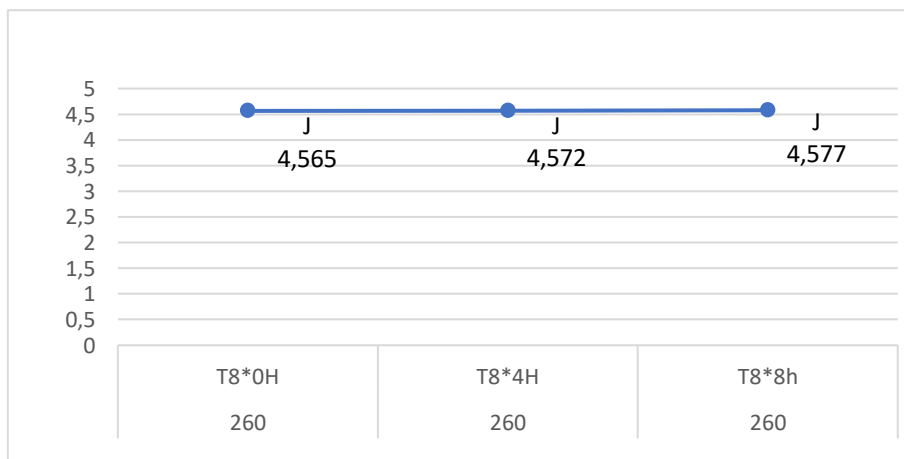


ELABORADO: AUTORA

En la figura 13, la muestra de yuca presenta un aumento significativo de pardeamiento, presentando valores de absorbancia para la hora 0 (3,471), 4 (3,847) y 8 (4,183) en la longitud de onda ( $\lambda$ ) 260 nm.

### Figura 14

*Espectrofotometría Uv – visible en el tratamiento 8.*

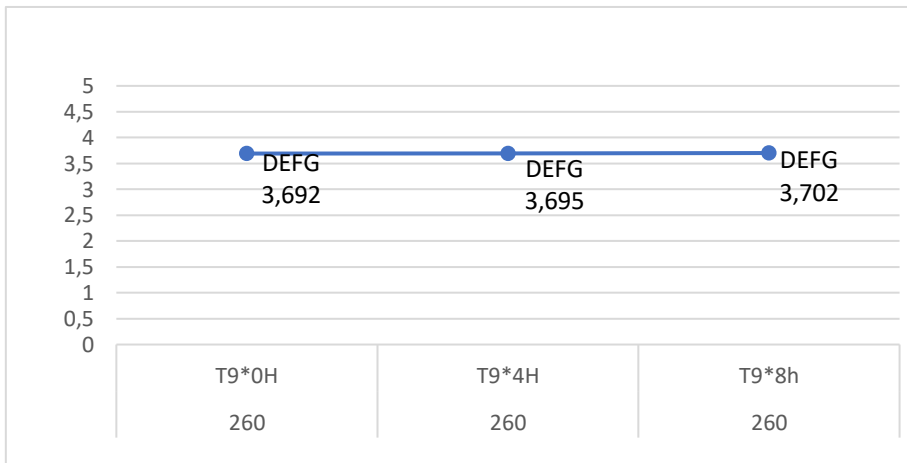


ELABORADO: AUTORA

En la figura 14, los valores de absorbancia a la hora 0 (4,565), 4 (4,572) y 8 (4,577) se mantienen constante, evidenciando que no existe un aumento de pardeamiento en el tubérculo. Por ende, se considera que la deshidratación osmótica junto con la impregnación al vacío en una solución de citrato monosódico al 0.5 %, nos permite inhibir el pardeamiento en la yuca blanca.

### Figura 15

*Espectrofotometría Uv – visible en el tratamiento 9.*

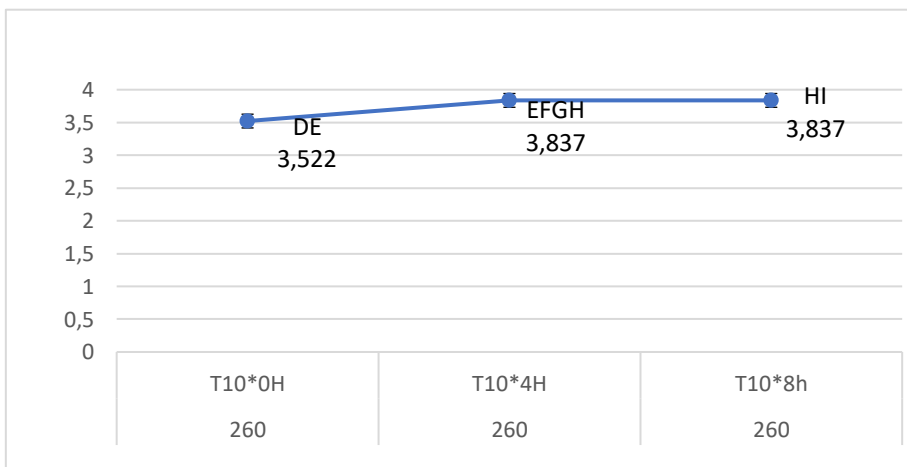


ELABORADO: AUTORA

En la figura 15, los valores de absorbancia indican que no existe un aumento significativo de pardeamiento en el transcurso de la hora 0 (3,692) 4 (3,695) y 8 (3,702) en la longitud de onda (λ) 260 nm.

### Figura 16

*Espectrofotometría Uv – visible en el tratamiento 10.*

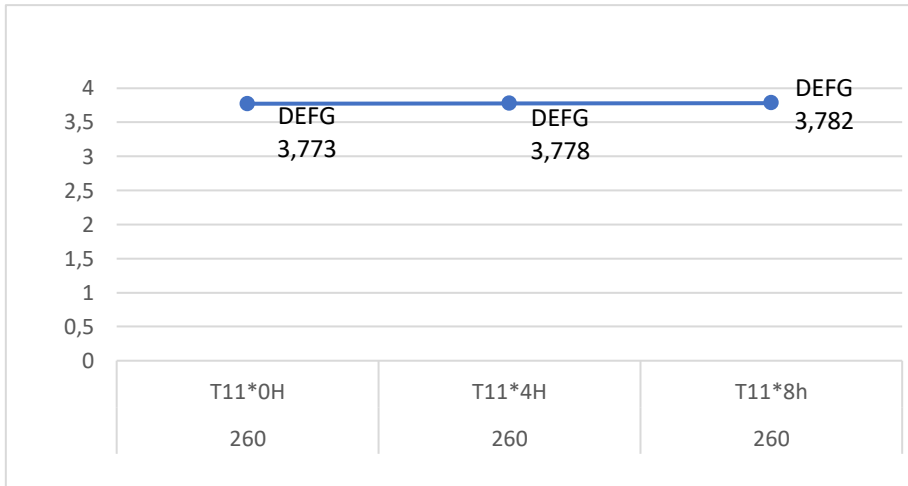


ELABORADO: AUTORA

En la figura 16, se presenta un aumento de pardeamiento entre la hora 0 (3,522) y 4 (3,837), sin embargo, a las 8 horas (3,837), la muestra de yuca ya no experimenta un cambio de color más oscuro, debido a que su valor de absorbancia se mantiene igual a partir de la cuarta hora.

**Figura 17**

*Espectrofotometría Uv – visible en el tratamiento 11.*

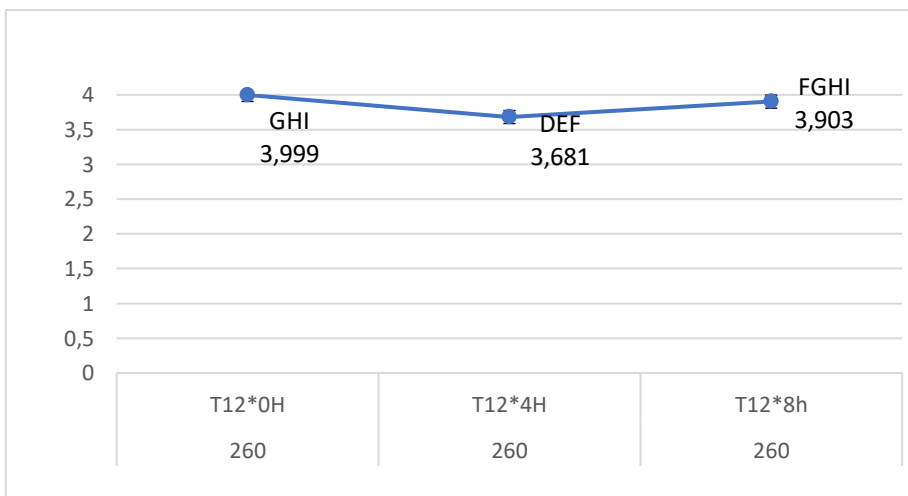


ELABORADO: AUTORA

En la figura 17, los valores de absorbancia en la hora 0 (3,773), 4 (3,778) y 8 (3,782), presentan una mínima variación, por tal motivo, este tratamiento no experimenta un oscurecimiento notable en su superficie.

**Figura 18**

*Espectrofotometría Uv – visible en el tratamiento 12.*



ELABORADO: AUTORA

En la figura 18, los valores de absorbancia indican que existe un aumento de pardeamiento, en el lapso de la hora 0 (3,999), 4 (3,681) y 8 (3,903), luego de permanecer en condiciones ambientales.

**Tabla 5**

*Análisis de varianza para Espectrofotometría Uv – visible.*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	72,24	37	1,95	209,49	0,0001
Tratamiento	65,50	11	5,95	638,93	0,0001
Hora	1,44	2	0,72	77,44	0,0001
Repeticiones	0,02	2	0,01	1,01	0,3711
Tratamiento*Hora	5,27	22	0,24	25,72	0,0001
Error	0,65	70	0,01		
Total	72,89	107			

ELABORADO: AUTORA

En la tabla 5, se muestra un análisis de varianza en base al análisis de espectrofotometría Uv - visible, por lo tanto, se observó que existe diferencia significativa en cada uno de los tratamientos ( $0,0001 < 0,05$ ) y en su interacción con la hora 0, 4 y 8 ( $0,0001 < 0,05$ ), que fueron expuestos a condiciones ambientales. No obstante, las repeticiones no presentaron diferencia significativa ( $0,3711 < 0,05$ ), reflejando normalidad en sus datos.

**Tabla 6**

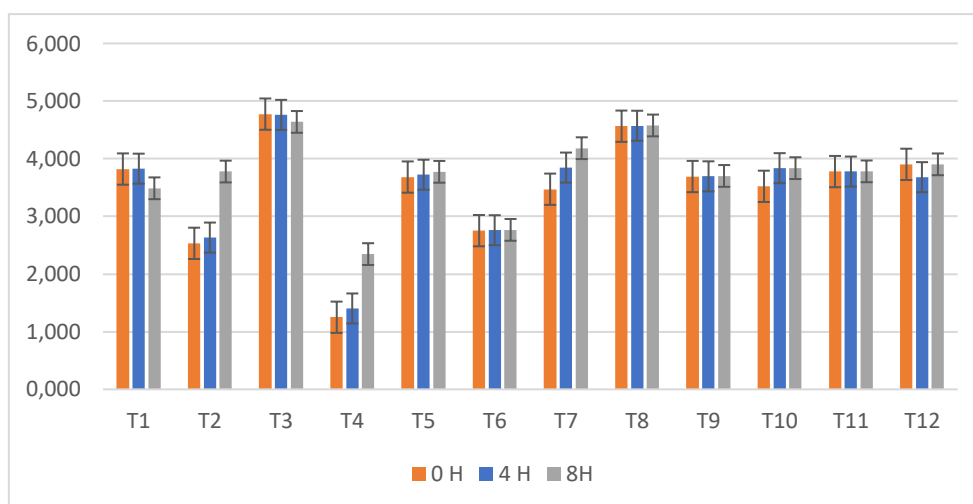
Prueba de significación Tukey ( $p < 0,05$ ) para los resultados de Espectrofotometría Uv – visible.

Tratamiento	Hora 0	Hora 4	Hora 8
T1	3,82 <sup>EFGH</sup>	3,83 <sup>EFGH</sup>	3,49 <sup>D</sup>
T2	2,53 <sup>BC</sup>	2,63 <sup>BC</sup>	3,78 <sup>DEFG</sup>
T3	4,77 <sup>J</sup>	4,76 <sup>J</sup>	4,64 <sup>J</sup>
T4	1,25 <sup>A</sup>	1,4 <sup>A</sup>	2,35 <sup>B</sup>
T5	3,68 <sup>DEF</sup>	3,72 <sup>DEFG</sup>	3,77 <sup>DEFG</sup>
T6	2,75 <sup>C</sup>	2,76 <sup>C</sup>	2,77 <sup>C</sup>
T7	3,47 <sup>D</sup>	3,85 <sup>F GH</sup>	4,18 <sup>I</sup>
T8	4,56 <sup>J</sup>	4,57 <sup>J</sup>	4,58 <sup>J</sup>
T9	3,69 <sup>DEFG</sup>	3,69 <sup>DEFG</sup>	3,7 <sup>DEFG</sup>
T10	3,52 <sup>DE</sup>	3,84 <sup>EFGH</sup>	4,12 <sup>HI</sup>
T11	3,77 <sup>DEFG</sup>	3,78 <sup>DEFG</sup>	3,78 <sup>DEFG</sup>
T12	4,00 <sup>GHI</sup>	3,68 <sup>DEF</sup>	3,9 <sup>F GHI</sup>

ELABORADO: AUTORA

**Figura 19**

*Prueba de Tukey HSD en la interacción tratamiento \* hora.*



ELABORADO: AUTORA

Al existir diferencia significativa en la interacción Tratamiento \* Hora, se identifican 10 grupos independientes (A, B, C, D, E, F, G, H, I, J). Sin embargo, los mejores tratamientos se sitúan en el grupo independiente (C y J), siendo el T3 (Impregnación al vacío + ácido ascórbico + 0,75 %), T6 (Impregnación al vacío + citrato monosódico + 1 %) y T8 (Deshidratación osmótica – Impregnación al vacío + citrato monosódico + 0,5 %), sus media indican, que no presentan una variación significativa en los datos de absorbancia durante la hora 0, 4 y 8, inhibiendo el pardeamiento y manteniendo el estado fresco de la yuca blanca.

#### **4.1.1.1. Discusiones.**

El pico de máxima absorción en la yuca fresca sin la aplicación de ningún método de conservación fue en la longitud de onda ( $\lambda$ ) de 260 nm, de la región UV del espectrofotómetro, manteniendo dicha absorción en los tratamientos que fueron sometidos a deshidratación osmótica e impregnación al vacío. (Natural Chemistry Research Groups, 2014), menciona que los espectros UV de los polifenoles se caracterizan por una serie de bandas de absorción en esta región del espectro.

La banda de absorción más intensa suele observarse en torno a 280 nm. Esta banda se debe a la absorción de la luz UV por los anillos aromáticos presentes en los polifenoles. A menudo se observan otras bandas de absorción a longitudes de onda más cortas (alrededor de 200 nm) y más largas (alrededor de 350 nm). Estas bandas se deben a la absorción de la luz UV

por otros grupos funcionales presentes en los polifenoles, como los grupos hidroxilo y carboxilo.

Por otro lado, se puede apreciar en la figura 6, que el espectro de absorción desaparece en la longitud de onda ( $\lambda$ ) de 260 nm, luego de que la yuca fresca haya permanecido 8 horas en condiciones ambientales. Este aumento, se relaciona con la degradación oxidativa de los compuestos fenólicos presente en la yuca. Según (Abril Díaz et al., 2020), hay una gran cantidad de factores que originan variaciones en los valores de mayor absorbancia entre los que se incluye el pH, la polaridad del solvente o moléculas vecinas y la orientación de los cromóforos vecinos; y cada uno afecta de forma particular.

El uso de aditivos químicos y los tratamientos físicos, tanto solos como combinados, sirven para prevenir químicamente el pardeamiento en yuca blanca, sin embargo, al ser expuesta a una temperatura de 40°C en estufa cada 4 y 8 horas, suelen presentar un efecto profundo en las tasas de las reacciones biológicas como el metabolismo y la respiración. (Hernández, 2019), en su investigación deduce que las enzimas están constituidas por proteínas globulares que, a temperaturas cercanas a 37 °C, aceleran la velocidad de las reacciones químicas y biológicas; mientras que a temperaturas más elevadas se observa la disminución en la acción enzimática debido a la desnaturalización de la estructura proteica que tiene las enzimas.

#### **4.1.2. Análisis de varianza de resultados de análisis físico químicos (Humedad, ceniza y pH)**

**Tabla 7**

*Análisis de varianza para la variable humedad.*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	26,57	13	2,04	44,27	0,0001
Factor A	8,65	1	8,65	187,48	0,0001
Factor B	5,75	1	5,75	124,62	0,0001
Factor C	2,48	2	1,24	26,87	0,0001
Replicas	0,07	2	0,04	0,79	0,470
Factor A*Factor B	5,19	1	5,19	112,46	0,0001
Factor A*Factor C	2,45	2	1,22	26,51	0,0001
Factor B*Factor C	1,18	2	0,59	12,77	0,0002
Factor A*Factor B*Factor C	0,79	2	0,4	8,57	0,0018
Error	1,02	22	0,05		
Total	27,58	35			

ELABORADO: AUTORA

La tabla 7, muestra los resultados obtenidos del análisis de varianza de la variable humedad, en el método de conservación (Factor A) ( $0,0001 < 0,05$ ), sales antioxidantes (Factor B) ( $0,0001 < 0,05$ ), porcentaje de concentraciones (Factor C) ( $0,0001 < 0,05$ ), y la interacción del Factor A\*Factor B ( $0,0001 < 0,05$ ), Factor A\*Factor C ( $0,0001 < 0,05$ ), Factor B\*Factor C ( $0,0002 < 0,05$ ), Factor A\*Factor B\*Factor C ( $0,0018 < 0,05$ ), se determinó que existe diferencia significativa entre sus niveles, mientras que para las réplicas ( $0,470 < 0,05$ ), no se observó diferencia significativa.

**Tabla 8**

*Análisis de varianza para la variable ceniza.*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	43,1	13	3,32	61,31	0,0001
Factor A	34,5	1	34,5	637,91	0,0001
Factor B	0,26	1	0,26	4,81	0,0392
Factor C	2,91	2	1,46	26,94	0,0001
Replicas	0,26	2	0,13	2,43	0,1116
Factor A*Factor B	0,02	1	0,02	0,36	0,5533
Factor A*Factor C	1,77	2	0,88	16,33	0,0001
Factor B*Factor C	2,65	2	1,33	24,52	0,0001
Factor A*Factor B*Factor C	0,73	2	0,37	6,76	0,0051
Error	1,19	22	0,05		
Total	44,29	35			

ELABORADO: AUTORA

En cuanto a los resultados obtenidos en el análisis de varianza de la variable ceniza, se observó que existe diferencia significativa en el método de conservación (Factor A) ( $0,0001 < 0,05$ ), sales antioxidantes (Factor B) ( $0,0392 < 0,05$ ), porcentaje de concentraciones (Factor C) ( $0,0001 < 0,05$ ) y la interacción del Factor A\*Factor C ( $0,0001 < 0,05$ ), Factor B\*Factor C ( $0,0001 < 0,05$ ), excepto en la interacción A\*B ( $0,5533 < 0,05$ ) y replicas ( $0,1116 < 0,05$ ), que no presentaron diferencia significativa.

**Tabla 9**

*Análisis de varianza para la variable pH.*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	12,01	13	0,92	256,56	0,0001
Factor A	0,03	1	0,03	8,83	0,0070
Factor B	11,12	1	11,12	3089,72	0,0001
Factor C	0,21	2	0,1	28,85	0,0001

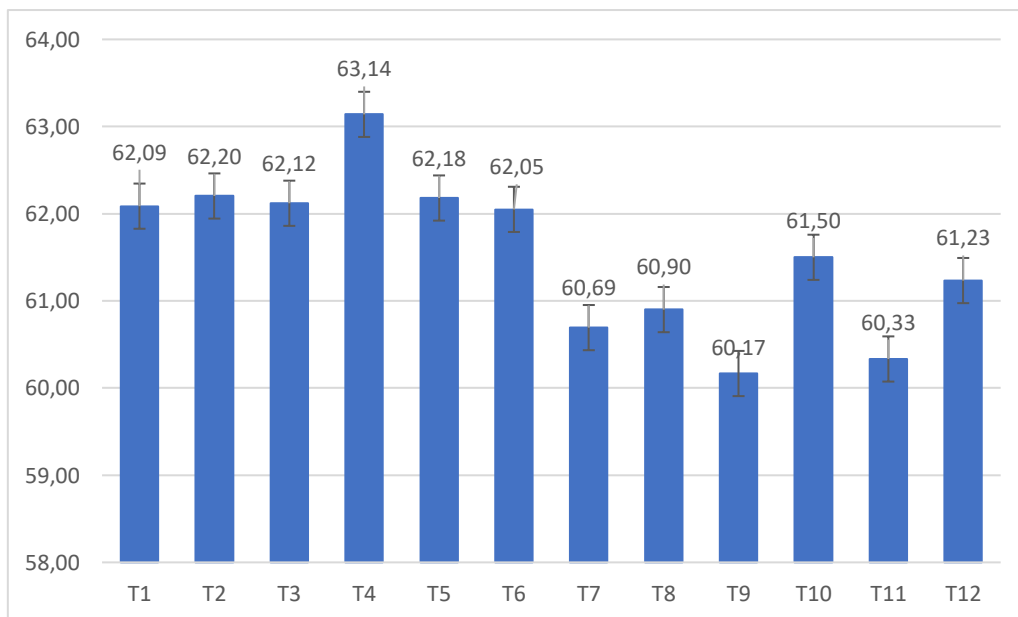
Replicas	0,09	2	0,04	12,16	0,1921
Factor A*Factor B	0,09	1	0,09	25,84	0,0001
Factor A*Factor C	0,26	2	0,13	35,6	0,0001
Factor B*Factor C	0,02	2	0,01	2,17	0,1381
Factor A*Factor B*Factor C	0,19	2	0,1	26,65	0,0001
Error	0,08	22	0		
Total	12,09	35			

ELABORADO: AUTORA

De acuerdo con el análisis de varianza, los valores de pH mostraron diferencia significativa en el método de conservación (Factor A) ( $0,0070 < 0,05$ ), sales antioxidantes (Factor B) ( $0,0001 < 0,05$ ), porcentaje de concentraciones (Factor C) ( $0,0001 < 0,05$ ), la interacción del Factor A\*Factor B ( $0,0001 < 0,05$ ), Factor A\*Factor C ( $0,0001 < 0,05$ ), a diferencia de la interacción del Factor B\*Factor C ( $0,1381 < 0,05$ ) y las réplicas ( $0,1921 < 0,05$ ), que no presentaron diferencia significativa.

**Figura 20**

*Humedad en la interacción del Factor A\*B\*C*



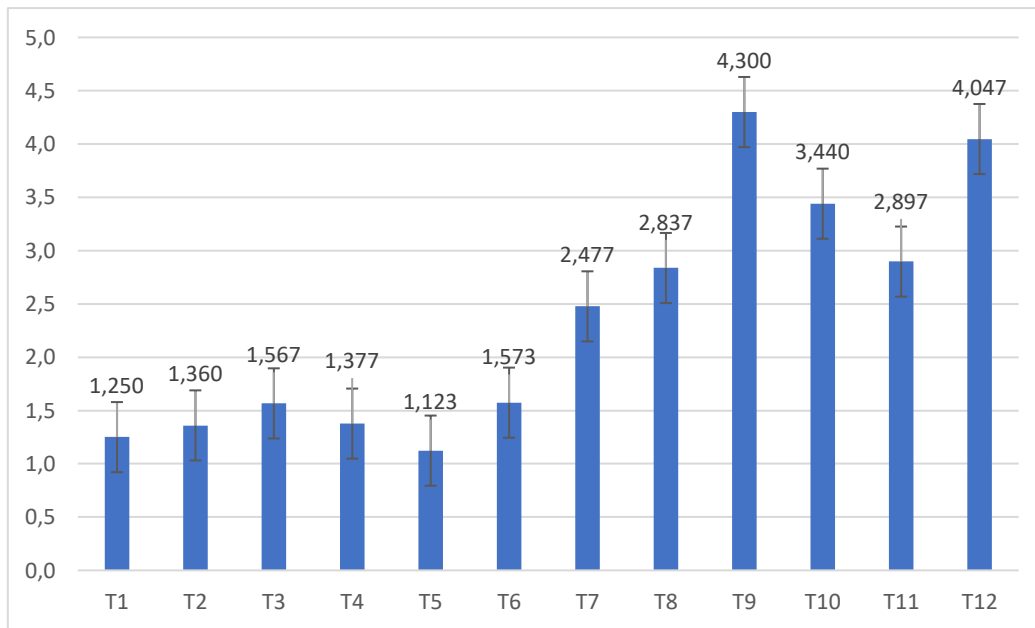
ELABORADO: AUTORA

En la figura 20, se muestra que la composición de la yuca blanca con la aplicación de sales antioxidantes presenta un mayor contenido de humedad en el tratamiento 4 (Impregnación al vacío + citrato monosódico + 0,75 %), con un 63,14 %, a diferencia, del tratamiento 9 (Deshidratación osmótica con impregnación al vacío + ácido ascòrbico + 0,75 %), que refleja un 60.17 %. Teniendo en cuenta, que la deshidratación osmótica permite eliminar el agua

parcialmente del tubérculo, dando un porcentaje de humedad inferior a los tratamientos que emplearon impregnación al vacío, como método de conservación para inhibir el pardeamiento.

**Figura 21**

*Ceniza en la interacción del Factor A\*B\*C*



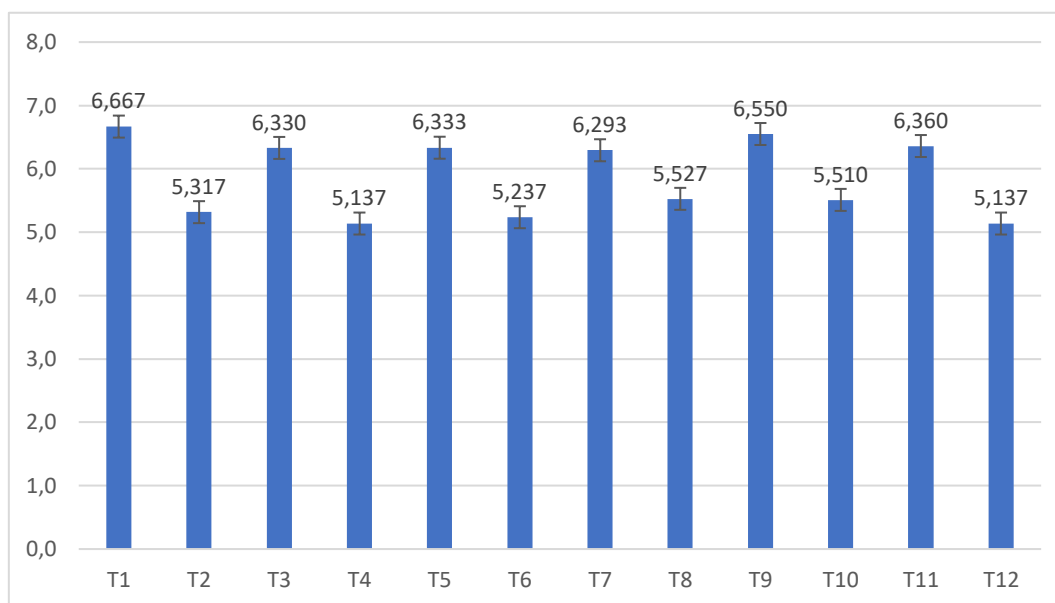
ELABORADO: AUTORA

En la figura 21, se evidencia que existe un excesivo aumento de ceniza en los seis últimos tratamientos debido a la influencia del cloruro de calcio empleado en la deshidratación osmótica lo que hace que ingrese la sal a la estructura de la yuca viéndose reflejado en su composición presentando el valor más alto en el T9 (Deshidratación osmótica + Impregnación al vacío con ácido ascórbico + 0,75 %) con una media de 4,30.

Los seis primeros tratamientos que solo atravesaron el método de impregnación al vacío, presentan valores inferiores, considerando que fueron sumergidos durante 10 minutos consecutivos en soluciones de ácido ascórbico y citrato monosódico al 0.5 – 0.75 y 1 % para resistir una presión al vacío de -0.1 MPa, garantizando un impregnado completo para actuar como una barrera antipardeamiento.

**Figura 22**

*pH en la interacción del Factor A\*B\*C*



ELABORADO: AUTORA

En la figura 22, los valores más bajos de pH se sitúan en el T2 (Impregnación al vacío + citrato monosódico + 0,5 %), T4 (Impregnación al vacío + citrato monosódico + 0,75 %) y T12 (Deshidratación osmótica con impregnación al vacío + citrato monosódico + 1 %), considerando que dicho agente antipardeamiento permite disminuir el pH por debajo de 7 y posee la capacidad de reducir quinonas a fenoles.

Los tratamientos que emplearon una solución de ácido ascórbico en diferentes concentraciones mediante impregnación al vacío presentan un ligero descenso en sus valores de pH, situándose el más alto en el T1 (Impregnación al vacío + ácido ascórbico + 0,5 %), sin embargo, el pardeamiento con ácido ascórbico se favorece arriba de un pH de 7, en esta investigación los valores varían desde 5,14 hasta 6,67.

**Tabla 10**

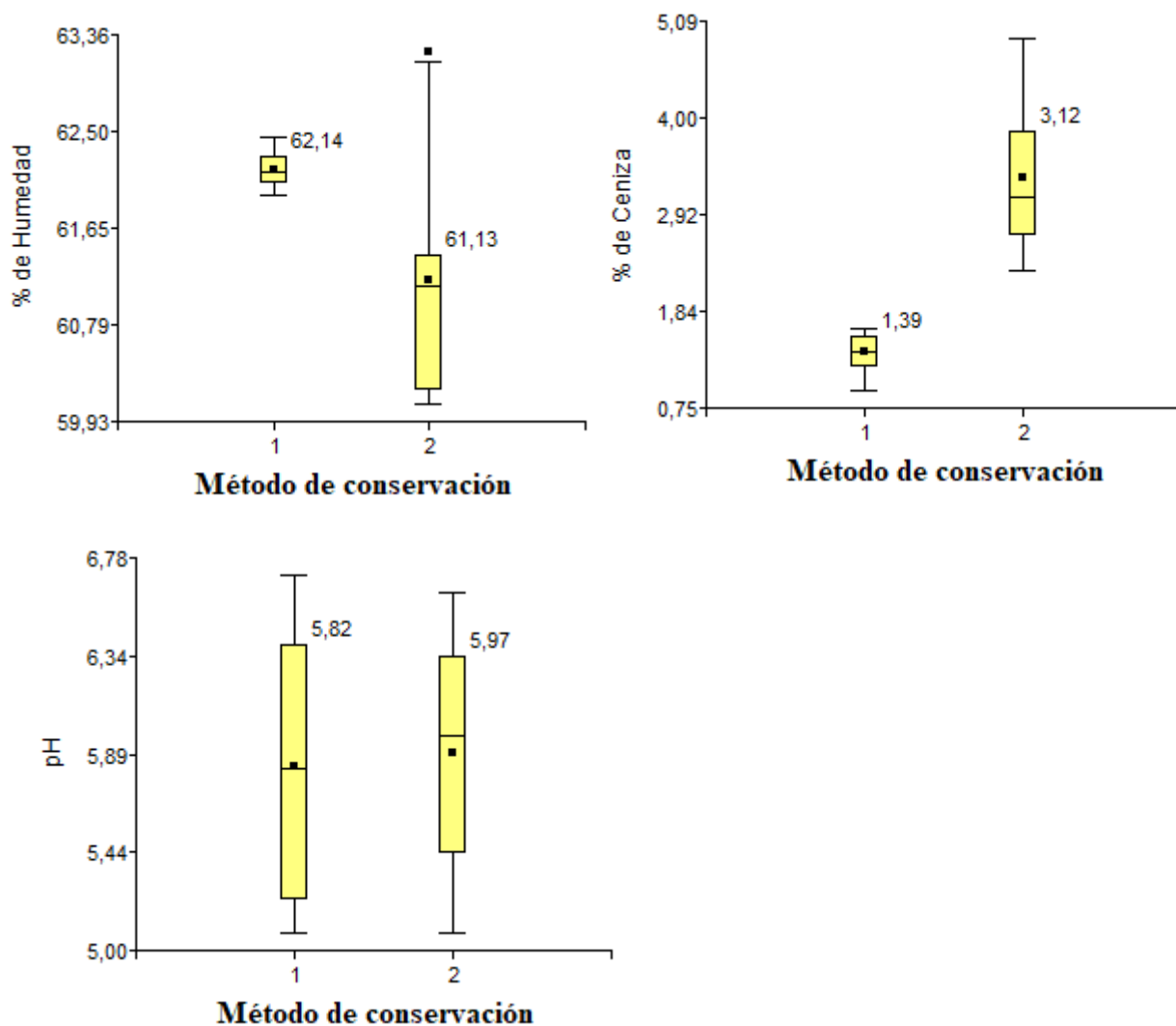
*Prueba de significación de Tukey para resultados de análisis físico químicos (Factor A).*

Método de conservación	% Humedad	% Ceniza	pH
a <sub>0</sub> : Impregnación al vacío	62,16 <sup>B</sup>	1,38 <sup>A</sup>	5,84 <sup>A</sup>
a <sub>1</sub> : Impregnación al vacío - Deshidratación osmótica	61,18 <sup>A</sup>	3,33 <sup>B</sup>	5,90 <sup>B</sup>

ELABORADO: AUTORA

**Figura 23**

*Prueba de significación de Tukey para resultados de análisis físico químicos (Factor A: método de conservación).*



ELABORADO: AUTORA

La figura 23, muestra los valores de Tukey ( $p < 0,05$ ) para los análisis físico químicos en yuca blanca correspondientes al Factor A. Para lo cual, se determinó diferencia significativa entre los niveles del factor en estudio para la variable humedad, ceniza y pH.

Por ende, los resultados obtenidos en humedad muestran que el nivel a<sub>0</sub> (Impregnación al vacío) presenta una media de 62,14 y el nivel a<sub>1</sub> (Deshidratación osmótica + impregnación al vacío) una media inferior de 61,13. Respecto a ceniza, el valor más alto se sitúa en el nivel a<sub>1</sub> con una media de 3,12, a diferencia del nivel a<sub>0</sub> que muestra una media de 1,39 en el Factor A. En relación con el pH, se producen diferentes efectos en cada nivel de estudio al

emplear el método de Impregnación al vacío con una media de 5,82 y la combinación de los dos métodos (Deshidratación osmótica + impregnación al vacío), que presentan una media superior de 5,97.

**Tabla 11**

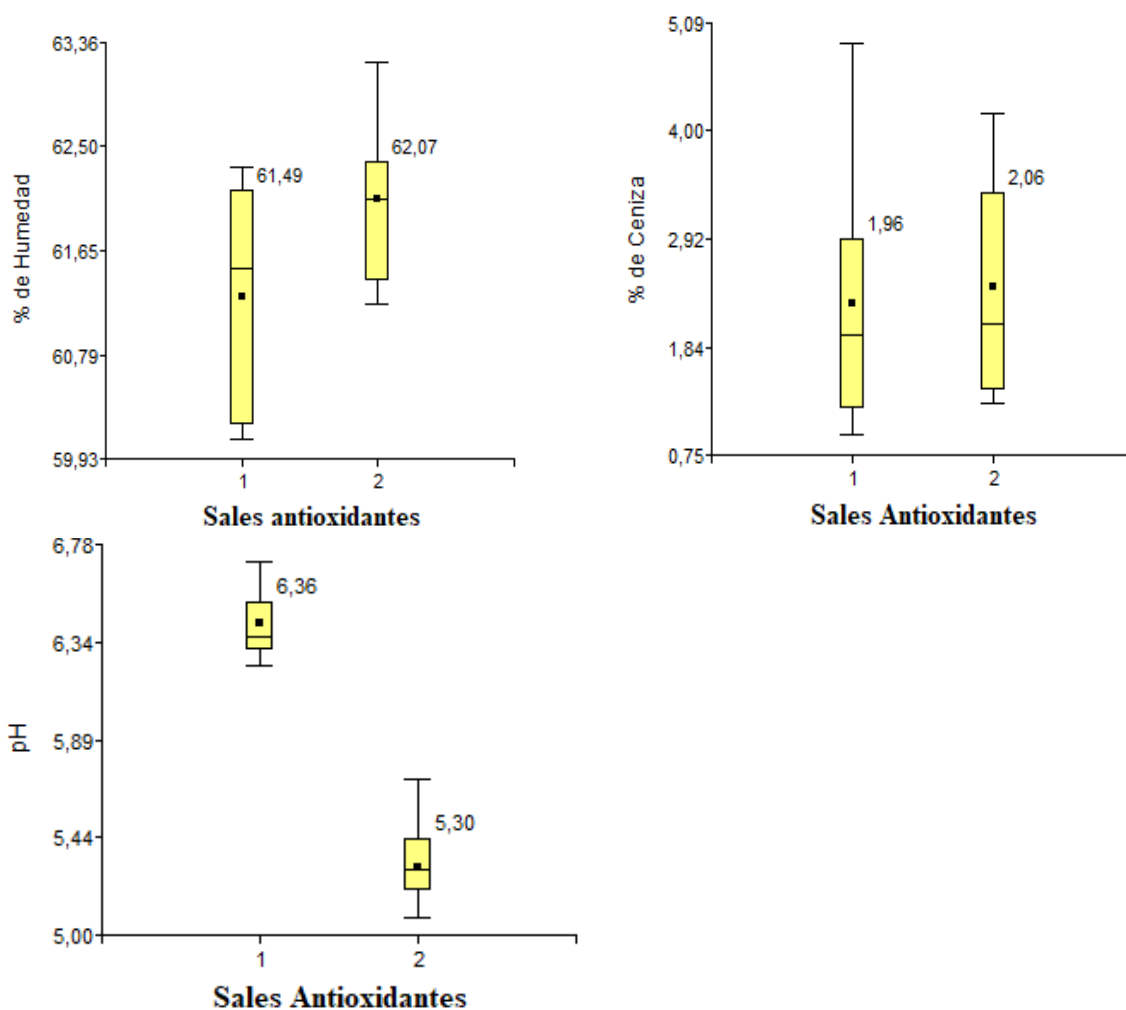
*Prueba de significación de Tukey para resultados de análisis físico químicos (Factor B).*

Sales Antioxidantes	% Humedad	% Ceniza	pH
b <sub>0</sub> : Ácido Ascórbico	61,27 <sup>A</sup>	2,27 <sup>A</sup>	5,31 <sup>A</sup>
b <sub>1</sub> : Citrato monosódico	62,07 <sup>B</sup>	2,44 <sup>B</sup>	6,42 <sup>B</sup>

ELABORADO: AUTORA

**Figura 24**

*Prueba de significación de Tukey para resultados de análisis físico químicos (Factor B: sales antioxidantes).*



ELABORADO: AUTORA

La figura 24, muestra los valores de Tukey ( $p < 0,05$ ) para los análisis físico químicos en yuca blanca correspondientes al Factor B. Para lo cual, se determinó diferencia significativa entre los niveles del factor en estudio para la variable humedad, ceniza y pH.

Los resultados obtenidos muestran que, en humedad, el valor más alto se sitúa en el nivel  $b_1$  (citrato monosódico), con una media de 62.07, en comparación con el nivel  $b_0$  (ácido ascórbico) que presenta una media inferior de 61.49. Los tratamientos que presentan menor contenido de humedad son los que fueron sumergidos en una solución de ácido ascórbico a diferentes concentraciones.

Respecto a ceniza, se evidencia que en el nivel  $a_0$ , tiene una media de 1.96, sin embargo, en el nivel  $a_1$ , presenta un aumento de ceniza empleando impregnación al vacío con citrato monosódico a diferentes concentraciones. Los valores de pH aumentan en el nivel  $b_0$  empleando ácido ascórbico mediante impregnación al vacío, mostrando una media de 6.36, mientras que, en el nivel  $b_1$ , presenta una media de 5.30.

**Tabla 12**

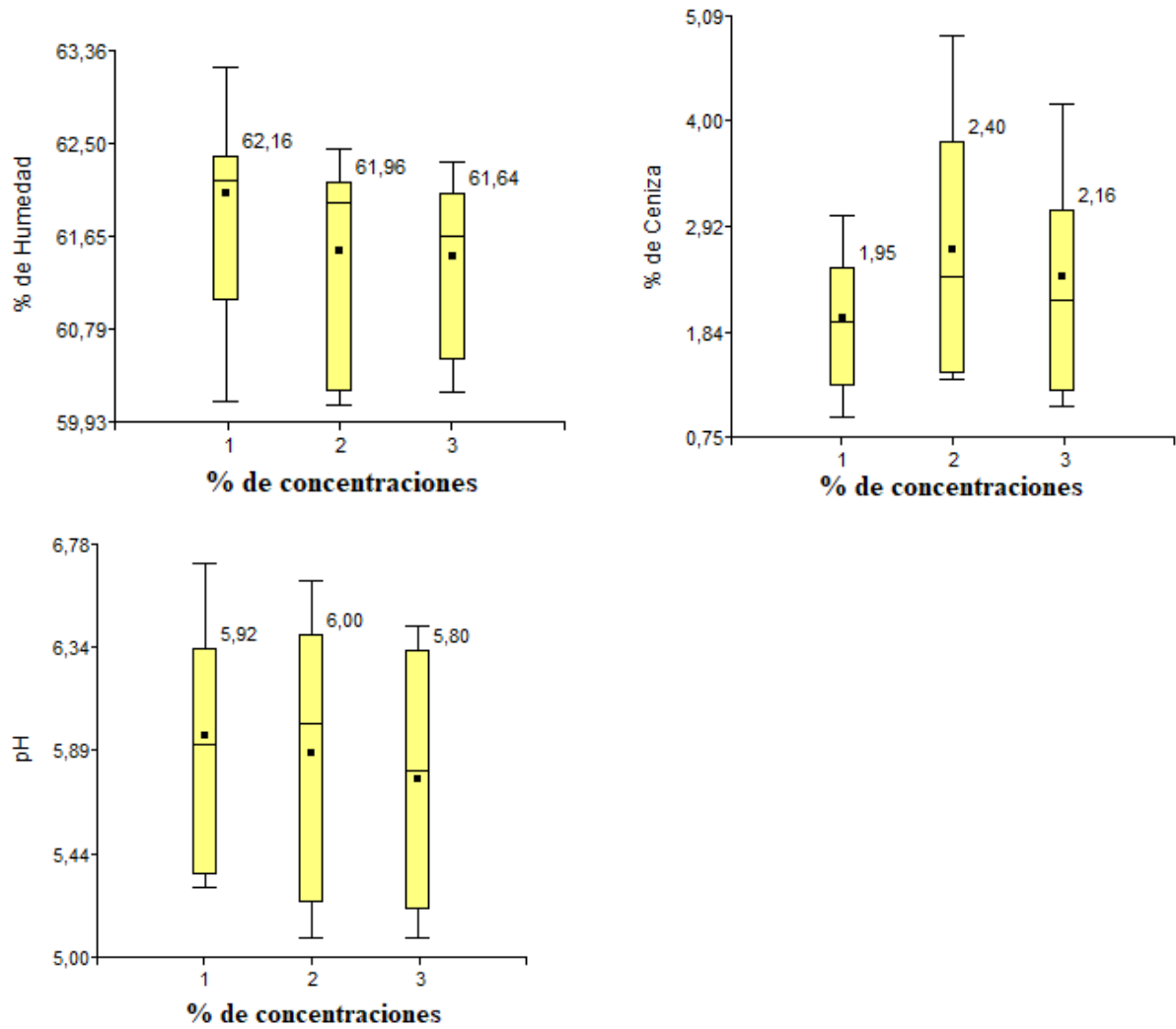
*Prueba de significación de Tukey para resultados de análisis físico químicos (Factor C).*

Porcentaje de concentraciones	% Humedad	% Ceniza	pH
C <sub>0</sub> : 0,5%	62,04 <sup>B</sup>	1,98 <sup>A</sup>	5,95 <sup>C</sup>
C <sub>1</sub> : 0,75%	61,52 <sup>A</sup>	2,67 <sup>C</sup>	5,88 <sup>A</sup>
C <sub>2</sub> : 1%	61,45 <sup>A</sup>	2,41 <sup>B</sup>	5,77 <sup>B</sup>

ELABORADO: AUTORA

**Figura 25**

*Prueba de significación de Tukey para resultados de análisis bromatológicos (Factor C: % de concentraciones).*



ELABORADO: AUTORA

La figura 25, muestra los valores de Tukey ( $p < 0,05$ ) para los análisis físico químicos en yuca blanca correspondientes al Factor C. Para lo cual, se determinó diferencia significativa entre los niveles del factor en estudio para la variable humedad, ceniza y pH.

En la variable humedad, el valor menor se sitúa en el nivel  $c_2$  (1%), con una media de 61.64, el nivel  $c_1$  (0,75 %), presenta una media de 61.96, sin embargo, el valor más alto se sitúa en el nivel  $a_0$  (0,5%) con una media de 62,16. Respecto a la ceniza, se deduce que al emplear concentraciones de 0,75 y 1%, se incrementa su valor, presentando en los niveles  $b_1$  (2,40) y  $b_2$  (2.16) como media, a diferencia del nivel  $b_0$ , que muestra una media inferior de 1.95. En pH, se presenta una media en el nivel  $c_0$  de 5.92, nivel  $c_1$  (6.00) y el nivel  $c_2$  (5.80), al encontrarse diferencia significativa, se determina que al menos uno de los porcentajes de concentración produce un efecto diferente en la conservación de la yuca blanca.

**Tabla 13**

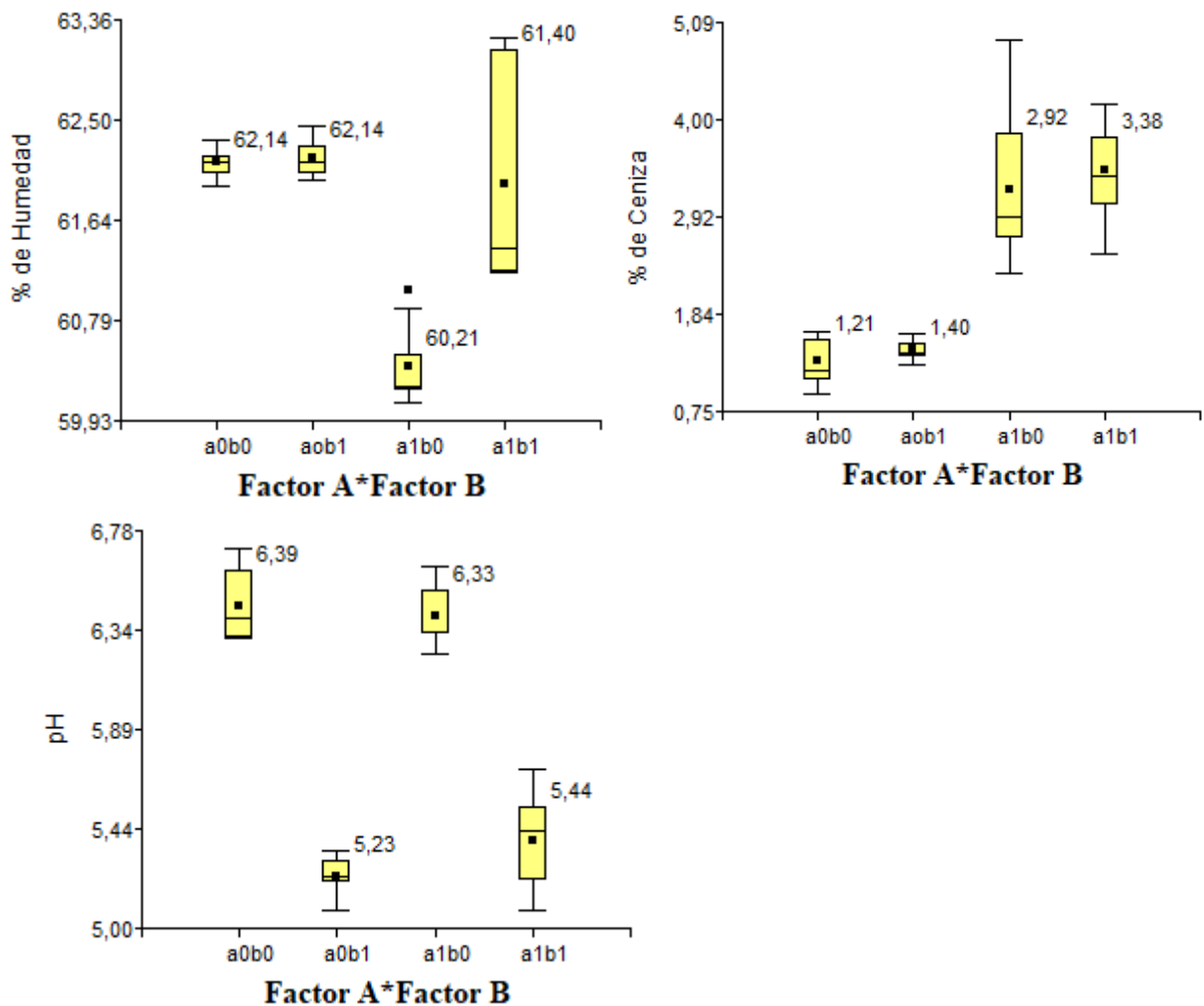
*Prueba de significación de Tukey para resultados de análisis físico químicos (Factor A\*Factor B).*

Interacciones	% Humedad	% Ceniza	pH
<b>a0b0:</b> Impregnación al vacío + Ácido ascórbico	62,14 <sup>B</sup>	1,31 <sup>A</sup>	6,44 <sup>C</sup>
<b>a0b1:</b> Impregnación al vacío + Citrato monosódico	62,14 <sup>B</sup>	1,44 <sup>A</sup>	5,23 <sup>A</sup>
<b>a1b0:</b> Deshidratación osmótica – Impregnación al vacío + Ácido Ascórbico	60,40 <sup>A</sup>	3,22 <sup>B</sup>	6,40 <sup>C</sup>
<b>a1b1:</b> Deshidratación osmótica – Impregnación al vacío + Citrato monosódico	61,96 <sup>B</sup>	3,44 <sup>B</sup>	5,39 <sup>B</sup>

ELABORADO: AUTORA

**Figura 26**

*Prueba de significación de Tukey para resultados de análisis bromatológicos Métodos de conservación \* Sales Antioxidantes (Factor A \* B).*



ELABORADO: AUTORA

La figura 26, muestra los valores de Tukey ( $p < 0,05$ ) para los análisis físico químicos en yuca blanca correspondientes a la interacción del Factor A\*Factor B. Para lo cual, se determinó diferencia significativa en humedad, donde se presentó un mayor valor (62,14) en el nivel  $a_0b_0$  ( Impregnación al vacío + Ácido ascórbico), nivel  $a_0b_1$  (Impregnación al vacío + Citrato monosódico), y un menor contenido de humedad en el nivel  $a_1b_0$  (Deshidratación osmótica – Impregnación al vacío + Ácido ascórbico), con una media de 60,21.

Respecto a ceniza, se observó el mayor contenido en el nivel  $a_1b_1$  (Deshidratación osmótica + Citrato monosódico) con un valor de 3,38, a diferencia del nivel  $a_0b_0$  (Impregnación al vacío + Ácido ascórbico) que presenta una media de 1,21. Considerando los resultados para pH, se establece que el pH más alto se da en el nivel  $a_0b_0$  (Impregnación al vacío + Ácido ascórbico) con 6,39, mientras que el más bajo en el nivel  $a_0b_1$  (Impregnación al vacío + Citrato monosódico) con una media de 5,23.

**Tabla 14**

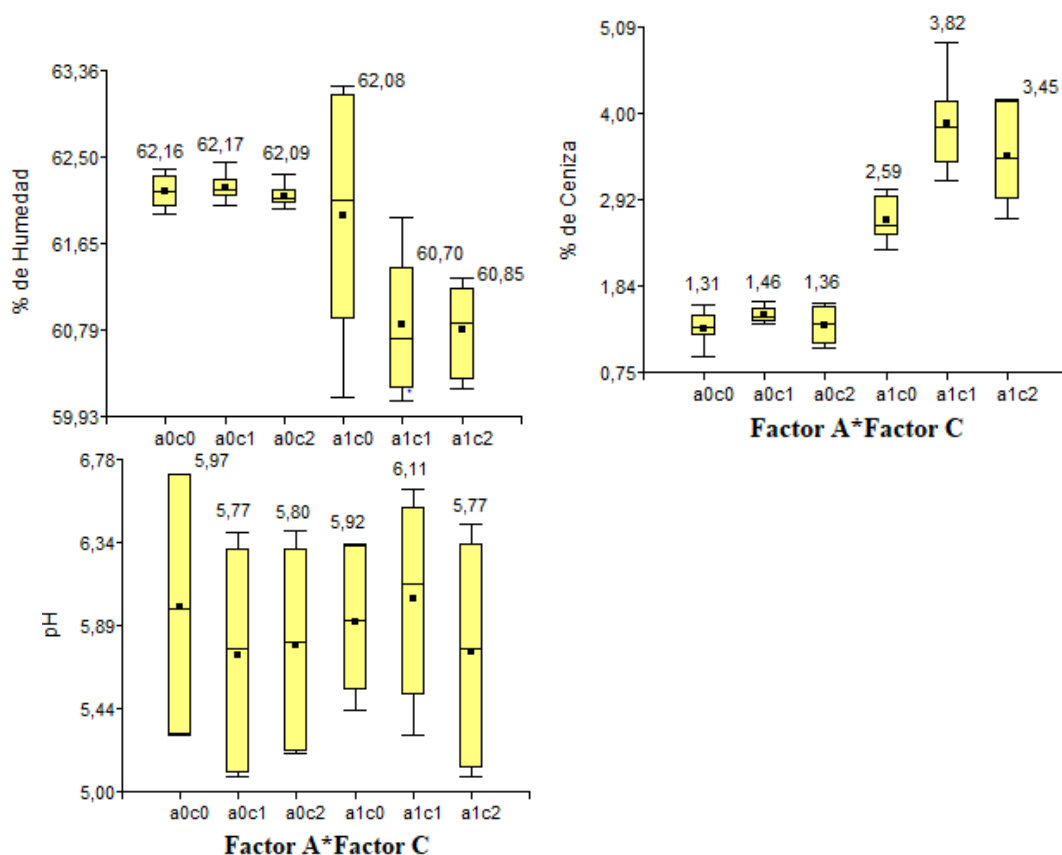
*Prueba de significación de Tukey para resultados de análisis físico químicos (Factor A\*Factor C).*

Interacciones	% Humedad	% Ceniza	pH
<b>a0c0:</b> Impregnación al vacío + 0,5%	62,16 <sup>B</sup>	1,31 <sup>A</sup>	5,99 <sup>BC</sup>
<b>a0c1:</b> Impregnación al vacío + 0,75%	62,20 <sup>B</sup>	1,47 <sup>A</sup>	5,73 <sup>A</sup>
<b>a0c2:</b> Deshidratación osmótica – Impregnación al vacío + 1%	62,12 <sup>B</sup>	1,35 <sup>A</sup>	5,79 <sup>A</sup>
<b>a1c0:</b> Deshidratación osmótica – Impregnación al vacío + 0,5%	61,92 <sup>B</sup>	2,66 <sup>B</sup>	5,91 <sup>B</sup>
<b>a1c1:</b> Deshidratación osmótica – Impregnación al vacío + 0,75%	60,83 <sup>A</sup>	3,87 <sup>C</sup>	6,03 <sup>C</sup>
<b>a1c2:</b> Deshidratación osmótica – Impregnación al vacío + 1%	60,78 <sup>A</sup>	3,47 <sup>C</sup>	5,75 <sup>A</sup>

ELABORADO: AUTORA

**Figura 27**

*Prueba de significación de Tukey para resultados de análisis bromatológicos Métodos de conservación \* Porcentaje de concentraciones (Factor A \* C).*



ELABORADO: AUTORA

La figura 27, muestra los valores de Tukey ( $p < 0,05$ ) para los análisis físico químicos en yuca blanca correspondientes a la interacción del Factor A\*Factor C.

Para lo cual, se determinó diferencia significativa en cada una de sus variables, el valor mayor de humedad (62,08) se sitúa en el nivel  $a_0c_2$  (Impregnación al vacío en una solución de 1 %) y un menor contenido de humedad en el nivel  $a_1c_1$  (Deshidratación osmótica – Impregnación al vacío en una solución de 0,75%), con una media de 60,70.

En ceniza, los resultados presentan un mayor valor en el nivel  $a_1c_1$  (Deshidratación osmótica – Impregnación al vacío en una solución de 0,75%), a diferencia del nivel  $a_0c_0$  (Impregnación al vacío en una solución de 0,5%), que, al presentar un valor de 1,31, muestran menor contenido de ceniza. Considerando los resultados para pH, se establece que el pH más alto se da en el nivel  $a_0c_0$  (Impregnación al vacío en una solución de 0,5 %) con un valor de 5,97, mientras que el más bajo en los niveles  $a_0c_1$  (Impregnación al vacío en una solución de 0,75%) y  $a_1c_2$  (Deshidratación osmótica – Impregnación al vacío en una solución de 1%), con una media de 5,77.

**Tabla 15**

*Prueba de significación de Tukey para resultados de análisis físico químicos (Factor B\*Factor C).*

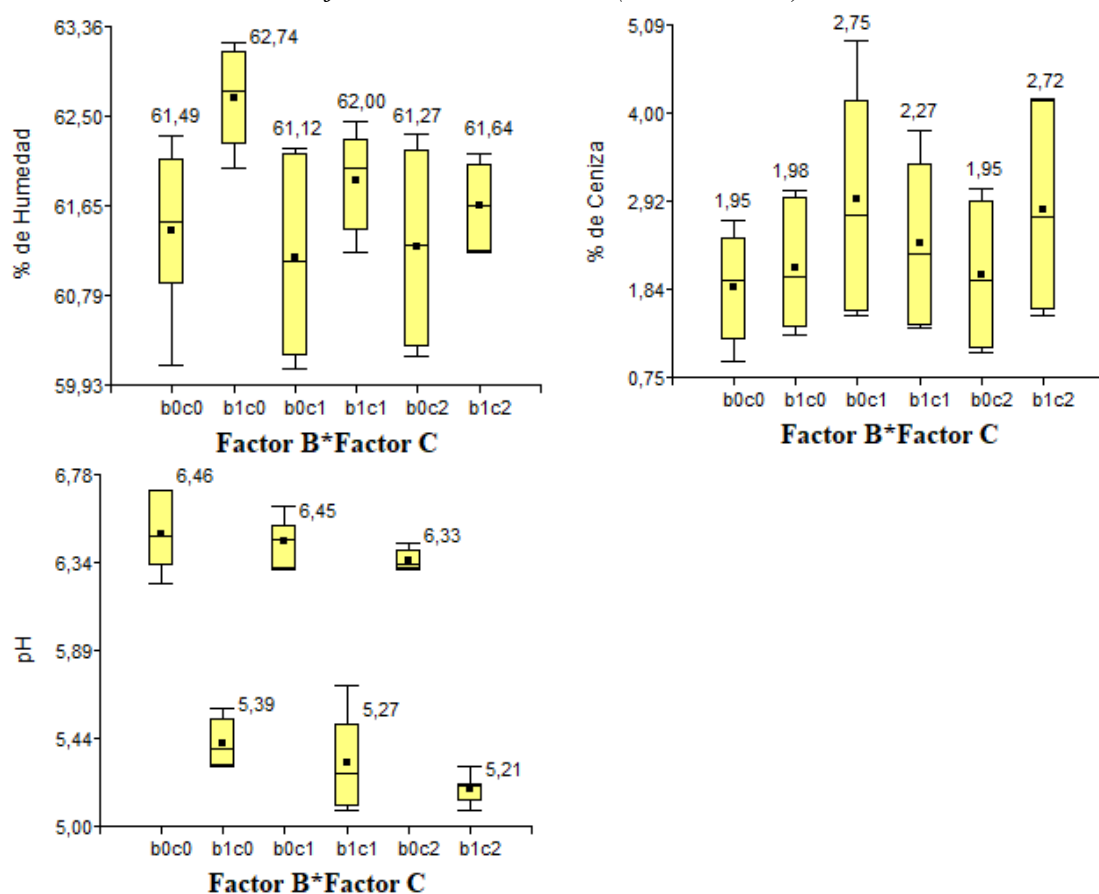
Interacciones	% Humedad	% Ceniza	pH
<b>b0c0:</b> Impregnación al vacío + 0,5%	61,40 <sup>AB</sup>	1,86 <sup>A</sup>	6,48 <sup>D</sup>
<b>b0c1:</b> Impregnación al vacío + 0,75%	61,14 <sup>AB</sup>	2,93 <sup>D</sup>	6,44 <sup>CD</sup>
<b>b0c2:</b> Deshidratación osmótica – Impregnación al vacío + 1%	61,26 <sup>A</sup>	2,01 <sup>AB</sup>	6,35 <sup>C</sup>
<b>b1c0:</b> Deshidratación osmótica – Impregnación al vacío + 0,5%	62,67 <sup>D</sup>	2,10 <sup>AB</sup>	5,42 <sup>B</sup>
<b>b1c1:</b> Deshidratación osmótica – Impregnación al vacío + 0,75%	61,89 <sup>C</sup>	2,41 <sup>BC</sup>	5,32 <sup>B</sup>
<b>b1c2:</b> Deshidratación osmótica – Impregnación al vacío + 1%	61,64 <sup>BC</sup>	2,81 <sup>CD</sup>	5,19 <sup>A</sup>

ELABORADO: AUTORA

**Figura 28**

*Prueba de significación de Tukey para resultados de análisis bromatológicos Sales*

*antioxidantes \* Porcentaje de concentraciones (Factor B \* C)*



ELABORADO: AUTORA

La figura 28, muestra los valores de Tukey ( $p < 0,05$ ) para los análisis físico químicos en yuca blanca correspondientes a la interacción del Factor B\*Factor C. Para lo cual, se determinó diferencia significativa en humedad, donde se presentó un mayor valor (62,74) en el nivel  $b_{1c_0}$  (Citrato monosódico + 0.5%) y un menor contenido de humedad en el nivel  $b_{0c_1}$  (Ácido ascórbico + 0,75%), con una media de 61,12.

Con respecto a la variable ceniza, se deduce que el mayor contenido de ceniza se da en el nivel  $b_{0c_1}$  (Ácido ascórbico + 0,75%), con un valor de 2,75, sin embargo, en el nivel  $b_{0c_0}$  (Ácido ascórbico + 0,5%) se encuentra un valor inferior de 1,95. Los valores de pH, establecen que el nivel  $b_{0c_0}$  (Ácido Ascórbico + 0,5%), presenta un pH superior (6,46) que el nivel  $b_{1c_2}$  (Citrato monosódico + 1%), con un valor de 5,21.

#### **4.1.2.1. Discusiones.**

- Variable: Humedad

Según (Salcedo Mendoza et al., 2014), productos como la yuca blanca (*Manihot esculenta Crantz*), por tener una humedad entre 60 y 65%, puede provocar que existan grandes pérdidas de postcosecha, debido a la deficiencia de mecanismos tecnológicos que se emplean en su conservación. En la figura 20, se puede observar que los 12 tratamientos no presentaron un contenido de agua superior al rango establecido, a pesar, de que fueron sometidos a deshidratación osmótica e impregnación al vacío.

Los seis últimos tratamientos que emplearon deshidratación osmótica con una solución de cloruro de calcio al 5 % en un tiempo de inmersión y recirculación de 2 horas a 27°C, presentan menor contenido de humedad. (Meneses, 2018) en su investigación titulada “Deshidratación osmoconvectiva en frutas y hortalizas”, describe que en las primeras 2 horas del proceso, las velocidades de pérdida de agua y ganancia de sólidos son altas; a partir de las siguientes horas las velocidades sufren una dramática disminución. Además, afirma que el emplear baja temperatura (ambiente), permite controlar las pérdidas de sabor y daños en los tejidos, aunado a una mejor retención del color y de los nutrientes.

(Pijal & Pineda, 2022), en su investigación obtuvo un 64, 61 % de humedad, afirmando que dicho contenido de agua incrementa el deterioro fisiológico de la yuca blanca. En esta investigación, ningún tratamiento ha alcanzado ese porcentaje, siendo el más alto en el tratamiento 8 (63.14 %), por ende, se deduce que los métodos empleados si influyen en la conservación de yuca blanca.

- Variable: Ceniza

Es importante la determinación de este parámetro debido a que constituye un método sencillo para el control de calidad de los tubérculos. Según (Coral, 2014), en su investigación sobre la determinación proximal de siete alimentos, entre ellos, la yuca blanca, estima un porcentaje de ceniza entre 0,82 – 1,85. En la presente investigación, los seis primeros tratamientos se encuentran en el rango, considerando que se empleó el método de impregnación al vacío con ácido ascórbico y citrato monosódico a diferentes concentraciones. A diferencia de los seis restantes tratamientos que fueron sometidos a la combinación de los dos métodos, entre ellos, deshidratación osmótica con una solución de cloruro de calcio al 5 %, existiendo un incremento de cenizas hasta un máximo de 4,30 en el tratamiento 9. Debido que dichos tratamientos absorbieron calcio en su estructura interna, quedando óxido de calcio, lo que indica que existió un ingreso de las sales que permiten inhibir el pardeamiento.

Resultados similares fueron reportados por (Lemos et al., 2017), en su investigación de optimización de tratamientos antipardeantes en berenjenas en IV gama, enfatizando que la adición de calcio puede incrementar la pérdida de agua, reducir la  $a_w$  e incrementar el contenido del mineral en frutas y vegetales. Para (Sanjinez-Argandoña et al., 2009), la utilización de cloruro de calcio proporciona mayor estabilidad de las pectinas, proteínas, ligninas y componentes estructurales de carbohidratos. Por ende, el uso combinado de agentes y métodos antipardeantes con sal cálcica reducen el pardeamiento en las muestras de yuca blanca.

- Variable: pH

En un análisis proximal realizado por (Brenes et al., 2017) para poder determinar cuál o cuáles variedades se ajustan a las condiciones de proceso requeridas para la agroindustria, estableció un pH de 6.02 en yuca blanca fresca. En la presente investigación, se observó que los valores de pH se mantienen desde 5,14 (T2, T4 y T12) hasta 6,67 (T1), considerando, que las muestras fueran expuestas a un ambiente controlado (40°C) durante 4 y 8 horas, para acelerar el pardeamiento.

En una investigación realizada por (Braen, 2018), destaca que el pH considerado adecuado para mantener la calidad de vegetales mínimamente procesado debe estar en el rango de 5 a 6,5.

Teniendo en cuenta, que el T1, que fue sometido a impregnación al vacío con una solución de ácido ascórbico al 0.5 %, presento un pH superior, evidenciando un ligero pardeamiento de la hora 4 a 8 (figura 7). (Silveira, 2017), en su investigación basada en el uso de aditivos y métodos físicos para mantener la calidad de los productos IV gama o mínimamente procesados, explica que el ácido ascórbico permite reducir la actividad PPO, sin embargo, la desventaja de su utilización radica en el hecho de que se consume en la reacción, por lo que, una vez que se oxida completamente, ya no es capaz de controlar el pardeamiento.

Los mejores resultados se dieron en los tratamientos que se empleó citrato monosódico mediante impregnación al vacío, (Delgado & Hurtado, 2019) en su investigación pretende reducir la actividad de la polifenoloxidasasa en pulpa de níspero mediante la adición de citrato de sodio, manifestando que el uso de este agente químico reduce el pardeamiento capturando o quelando el cobre del sitio activo de la PPO, y potencia el efecto de compuestos tales como el ácido ascórbico. De la misma manera, la combinación de deshidratación osmótica en solución de cloruro de calcio al 5 % + impregnación al vacío de ácido ascórbico y citrato monosódico al 0.5, 0.75 y 1 % muestran un efecto sinérgico que conducen a una mayor preservación de la calidad en yuca blanca.

(Pérez, 2003), evaluó el efecto de tratamientos térmicos aplicados con vapor y por inmersión en disolución acuosa a 87 °C, además de la aplicación de agentes antipardeantes (ácido cítrico y ascórbico) en medios osmóticos e isotónicos, deduciendo que estos mecanismos de acción implican la penetración en el tejido y alteración del centro activo de la PPO, disminución del pH y la aparición de procesos competitivos entre inhibidores-enzima-substratos.

#### ***4.1.3. Análisis de aceptabilidad en los tres mejores tratamientos en relación con la yuca fresca***

**Tabla 16**

*Análisis de varianza para Sabor por Tratamiento.*

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	2,71196	3	0,903986	0,78	0,5061
Intra grupos	208,413	180	1,15785		
Total (Corr.)	211,125	183			

ELABORADO: AUTORA

La tabla ANOVA descompone la varianza de Sabor en dos componentes: un componente entre grupos y un componente dentro de grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 0,780745, es el cociente entre el estimado entre grupos y el estimado dentro de grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Sabor entre un nivel de Tratamiento y otro, con un nivel del 95,0% de confianza.

**Tabla 17**

*Prueba de Kruskal-Wallis para Sabor por Tratamiento.*

Tratamiento	Tamaño Muestra	Rango Promedio	Valor-P
T12	46	93,5	0,3510
T3	46	98,89	
T6	46	96,27	
T8	46	81,34	

ELABORADO: AUTORA

La prueba de Kruskal-Wallis evalúa la hipótesis de que las medianas de Sabor dentro de cada uno de los 4 niveles de Tratamiento son iguales. Puesto que el valor-P es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un nivel del 95,0% de confianza.

El tratamiento 12, es la yuca fresca sin ningún método de conservación que fue comparada mediante catación con el T3 ( Impregnación al vacío + ácido ascórbico + 0,75 %), T6 (Impregnación al vacío + citrato monosódico + 1 %) y T8 (Deshidratación osmótica + Impregnación al vacío con citrato monosódico + 0,5 %), se determinó que los tres tratamientos que dieron mejores resultados en el análisis de espectrofotometría Uv - visible, presentan el mismo nivel de agrado en sus descriptores sensoriales, es decir, los catadores no detectaron una modificación en el sabor característico de la yuca blanca fresca.

**Tabla 18**

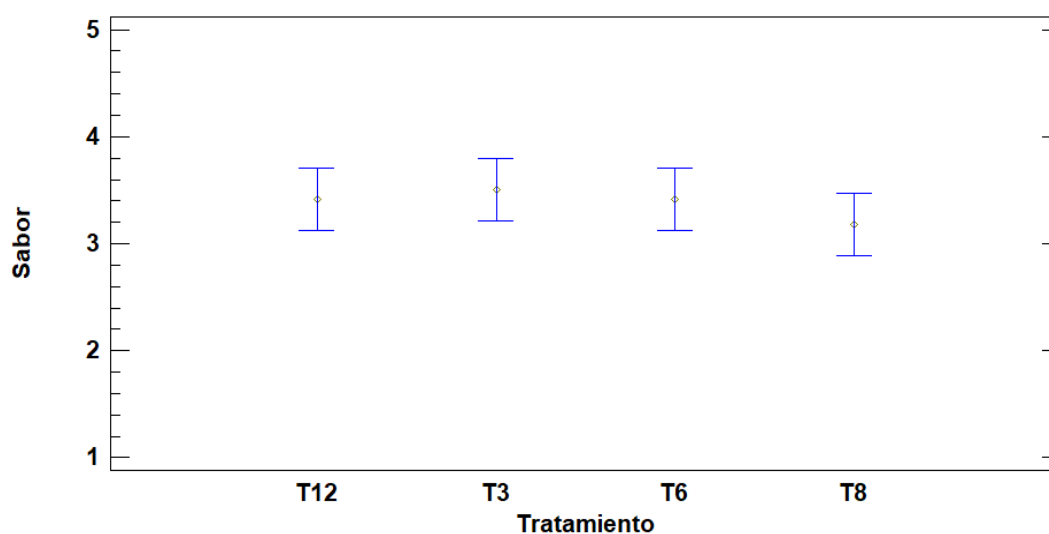
*Prueba de significación de Tukey para sabor por tratamiento.*

Tratamiento	Catadores	Sabor
T3	46	3,5000 <sup>A</sup>
T6	46	3,4130 <sup>A</sup>
T8	46	3,1739 <sup>A</sup>
T12	46	3,4130 <sup>A</sup>

ELABORADO: AUTORA

**Figura 29**

*Prueba de significación de Tukey para la variable sabor.*



ELABORADO: AUTORA

En la tabla 18, se observó que no hay diferencias estadísticamente significativas entre cualquier par de medias, con un nivel del 95,0% de confianza. Por lo que se identifica un solo grupo homogéneo (A), en lo que respecta la variable sabor.

**Tabla 19**

*Análisis de varianza para Aceptabilidad por Tratamiento.*

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,978261	3	0,326087	0,31	0,8153
Intra grupos	187	180	1,03889		
Total (Corr.)	187,978	183			

ELABORADO: AUTORA

La tabla ANOVA descompone la varianza de Aceptabilidad en dos componentes: un componente entre grupos y un componente dentro de grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 0,31388, es el cociente entre el estimado entre grupos y el estimado dentro de grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Aceptabilidad entre un nivel de Tratamiento y otro, con un nivel del 95,0% de confianza.

**Tabla 20***Prueba de Kruskal-Wallis para Aceptabilidad por Tratamiento.*

Tratamiento	Tamaño Muestra	Rango Promedio	Valor-P
T12	46	91,2065	0,8463
T3	46	98,32	
T6	46	90,70	
T8	46	89,78	

ELABORADO: AUTORA

En la tabla 20, se evalúa la hipótesis de que las medianas de Aceptabilidad dentro de cada uno de los 4 niveles de Tratamiento son iguales. Los resultados del análisis sensorial en los tres mejores tratamientos con respecto a la variable aceptabilidad no muestran una diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0,05$ ) entre las medianas con un nivel del 95,0% de confianza.

De esta manera, se determina que el T3 ( Impregnación al vacío + ácido ascórbico + 0,75 %), T6 (Impregnación al vacío + citrato monosódico + 1 %) y T8 (Deshidratación osmótica + Impregnación al vacío con citrato monosódico + 0,5 %) que han atravesado por métodos de conservación tienen el mismo nivel de aceptabilidad que la yuca fresca sin ningún método de conservación (T12) por parte de un panel de catadores.

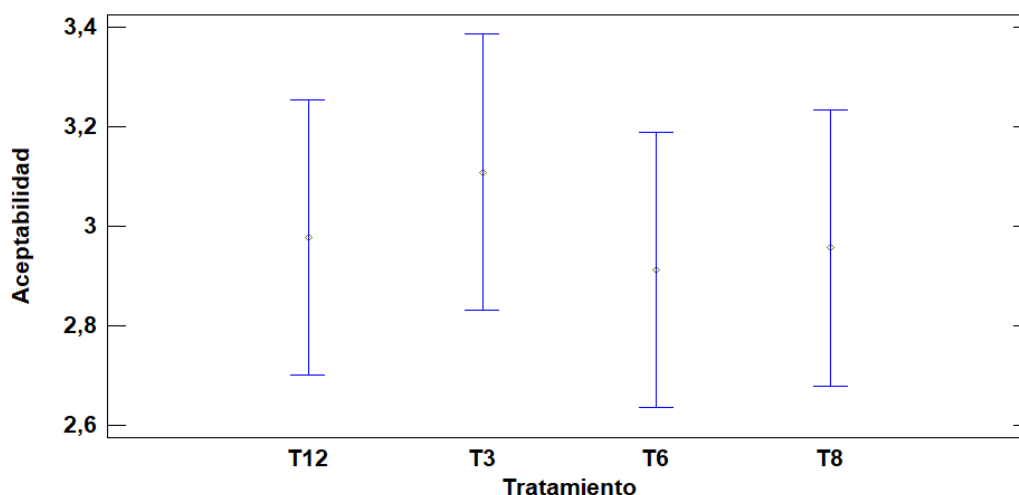
**Tabla 21***Prueba de significación de Tukey para aceptabilidad por tratamiento.*

Tratamiento	Catadores	Sabor
T3	46	3,1087 <sup>A</sup>
T6	46	2,9130 <sup>A</sup>
T8	46	2,9565 <sup>A</sup>
T12	46	2,9782 <sup>A</sup>

ELABORADO: AUTORA

**Figura 30**

*Prueba de significación de Tukey para la variable aceptabilidad.*



ELABORADO: AUTORA

En la tabla 21, se observó que no hay diferencias estadísticamente significativas entre cualquier par de medias, con un nivel del 95,0% de confianza. Por lo que se identifica un solo grupo homogéneo (A), en lo que respecta la variable aceptabilidad.

#### **4.1.3.1. Discusiones.**

- Variable: Sabor

El Tratamiento 3 (Impregnación al vacío + ácido ascórbico + 0,75 %), Tratamiento 6 (Impregnación al vacío + citrato monosódico + 1 %) y Tratamiento 8 (Impregnación al vacío – Deshidratación osmótica + citrato monosódico + 0,5 %), además de mantener óptimas condiciones organolépticas y físico químicas, no representa pérdidas en las características de sabor en comparación de la yuca blanca fresca (Tratamiento 12), los 46 catadores evaluaron dicho parámetro mediante una escala hedónica del 1 al 5 (5 = Dulce, 4 = Amarga, 3 = Neutro, 2 = Astringente, 1 = Salado), evidenciando que no se detectaron sabores extraños ni la presencia de sales antioxidantes en la yuca cocida. En una investigación realizada por (Cartay, 2004), para revisar el origen y las vías de difusión de la yuca, manifiesta que el carácter dulce o amargo de una variedad de yuca, determinado mayormente por su contenido de ácido cianhídrico, depende básicamente de las condiciones agroecológicas existentes en la zona de cultivo. Es decir, una yuca dulce puede convertirse en amarga dependiendo de los factores ambientales.

Para llevar a cabo el análisis sensorial, los trozos de yuca fueron sometidos a cocción en un tiempo óptimo para la eliminación de HCN, garantizando así mayor seguridad de obtener un producto inocuo. El contenido de cianuro total de la pulpa para raíces consumidas en fresco no debe exceder de 60 ppm (R. Benavides, 2003).

- Variable: Aceptabilidad

Los resultados obtenidos por el análisis estadístico de Kruskal-Wallis, el cual indica que hay aceptabilidad en el producto mínimamente procesado, al no existir diferencia significativa en el Tratamiento 3 (Impregnación al vacío + ácido ascórbico + 0,75 %), Tratamiento 6 (Impregnación al vacío + citrato monosódico + 1 %) y Tratamiento 8 (Impregnación al vacío – Deshidratación osmótica + citrato monosódico + 0,5 %) en comparación con el Tratamiento 12 (Yuca fresca sin ningún método de conservación), se infiere que las muestras conservan al máximo sus características originales tanto desde el punto de vista nutricional como organoléptico.

En una investigación realizada por (Marques et al., 2015), titulada “Principales consideraciones en el procesamiento mínimo de tubérculos y raíces para industrias pequeñas y medianas (artesanales)”, detalla que las raíces y los tubérculos son vegetales consumidos en el mundo entero, por su gran aceptabilidad como materia prima para procesos de industrialización se requiere de procesos que se caracterizan por ser métodos físicos simples, ya que en todo momento se trata de mantener las propiedades sensoriales del producto fresco del que provienen. Además, estos productos se encuentran en auge y su consumo se ha incrementado en los países desarrollados. Por lo tanto, en esta investigación se empleó el uso de concentraciones inhibitorias mínimas de las sales antioxidantes para lograr la inactivación térmica de la enzima, la remoción del oxígeno y la reducción del pH.

Para (S. Rodríguez et al., 2019), la aceptabilidad de este tipo de productos depende de factores intrínsecos que están relacionados con las características fisicoquímicas y microbiológicas de los mismos.

#### 4.1.4. Análisis de Colorimetría en el espacio de color $L^*a^*b^*$

**Tabla 22**

*Análisis de varianza de Colorimetría de espectro  $L^*$  en yuca blanca.*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3320,36	37	89,74	41,36	0,0001
Tratamiento	2299,46	11	209,04	96,35	0,0001
Hora	466,98	2	233,49	107,62	0,0001
Rep	3,43	2	1,71	0,79	0,4600
Tratamiento*Hora	550,5	22	25,02	11,53	0,0001
Error	151,87	70	2,17		
Total	3472,23	107			

ELABORADO: AUTORA

La tabla 22, indica los resultados de colorimetría en espectro L, presentando diferencia significativa en cada uno de los tratamientos ( $0,0001 < 0,05$ ), en la interacción de Tratamiento\*Hora ( $0,0001 < 0,05$ ). Con respecto a las réplicas ( $0,4600 < 0,05$ ), no se observó diferencia significativa.

**Tabla 23**

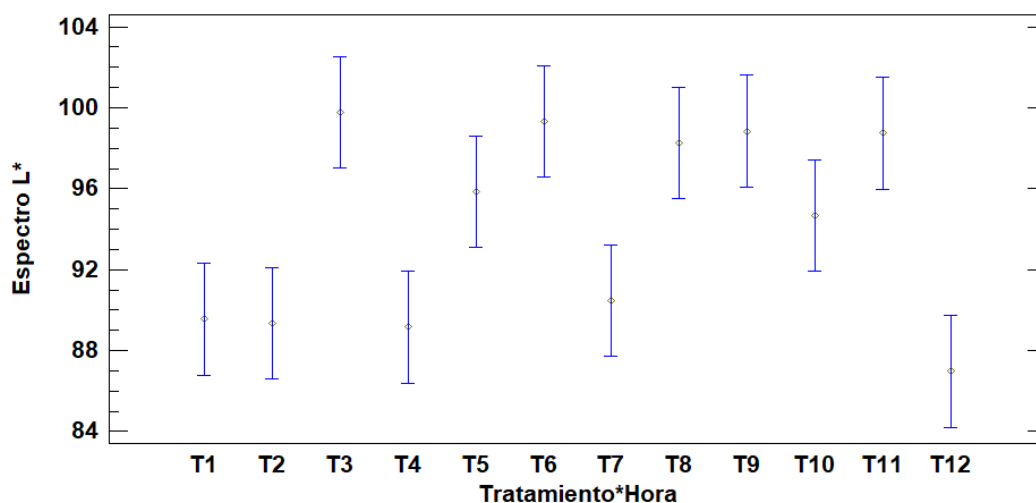
*Prueba de significación Tukey ( $p < 0,05$ ) para los resultados de espectro  $L^*$ .*

Tratamiento	Hora 0	Hora 4	Hora 8
T1	93,39 <sup>FGHIJK</sup>	88,97 <sup>CDEF</sup>	86,30 <sup>BCDE</sup>
T2	95, <sup>79IJKLMNO</sup>	89,57 <sup>DEFG</sup>	82,67 <sup>AB</sup>
T3	99,79 <sup>O</sup>	99,75 <sup>O</sup>	99,75 <sup>O</sup>
T4	96,27 <sup>JKLMNO</sup>	91,10 <sup>EFGHI</sup>	80,10 <sup>A</sup>
T5	98,23 <sup>LMNO</sup>	95,05 <sup>GHIJKL</sup>	94,27 <sup>HIJKLMNO</sup>
T6	99,63 <sup>NO</sup>	99,17 <sup>MNO</sup>	99,14 <sup>MNO</sup>
T7	94,59 <sup>HIJKLM</sup>	91,50 <sup>FGHIJ</sup>	85,28 <sup>BCD</sup>
T8	98,27 <sup>LMNO</sup>	98,25 <sup>LMNO</sup>	98,24 <sup>LMNO</sup>
T9	99,14 <sup>LMNO</sup>	98,88 <sup>LMNO</sup>	98,86 <sup>LMNO</sup>
T10	97,17 <sup>KLMNO</sup>	94,84 <sup>HIJKLMN</sup>	92,00 <sup>FGHIJ</sup>
T11	98,75 <sup>LMNO</sup>	98,74 <sup>LMNO</sup>	98,73 <sup>LMNO</sup>
T12	90,87 <sup>EF GH</sup>	85,67 <sup>BCD</sup>	84,43 <sup>ABC</sup>

ELABORADO: AUTORA

**Figura 31**

*Prueba de significación de Tukey para el espectro de color L\**



ELABORADO: AUTORA

Se observó que el efecto de los tratamientos tuvo diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) con el parámetro luminosidad ( $L^*$ ) de acuerdo a los métodos de conservación empleados para inhibir el pardeamiento en yuca blanca. La luminosidad ( $L^*$ ) presentó un comportamiento ligeramente decreciente en cada tratamiento. El Tratamiento 4 (Impregnación al vacío + citrato monosódico + 0,75 %), presento valores con mayor disminución de luminosidad desde 96,27 hasta 80,10, luego de pasar 8 horas en ambiente controlado. A diferencia de Tratamiento 3 (Impregnación al vacío + ácido ascòrbico + 0,75 %), Tratamiento 6 (Impregnación al vacío + citrato monosódico + 1 %), Tratamiento 8 (Impregnación al vacío – Deshidratación osmòtica + citrato monosódico + 0,5 %), Tratamiento 9 (Impregnación al vacío – Deshidratación osmòtica + ácido ascòrbico + 0,75 %) y Tratamiento 11 (Impregnación al vacío – Deshidratación osmòtica + ácido ascòrbico + 1 %) que su luminosidad se encuentra en un valor aproximado al 100. Teniendo en cuenta, que mediante espectrofotometría Uv – visible, se evaluó que dichos tratamientos presentaron menor reacciones de pardeamiento.

**Tabla 24***Análisis de varianza de Colorimetría de espectro A\* en yuca blanca.*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	39,2	37	1,06	2,02	0,0100
Tratamiento	8,52	11	0,77	1,48	0,1600
Hora	0,07	2	0,04	0,07	0,9300
Rep	2,02	2	1,01	1,93	0,1500
Tratamiento*Hora	28,59	22	1,3	2,48	0,0001
Error	36,65	70	0,52		
Total	75,85	107			

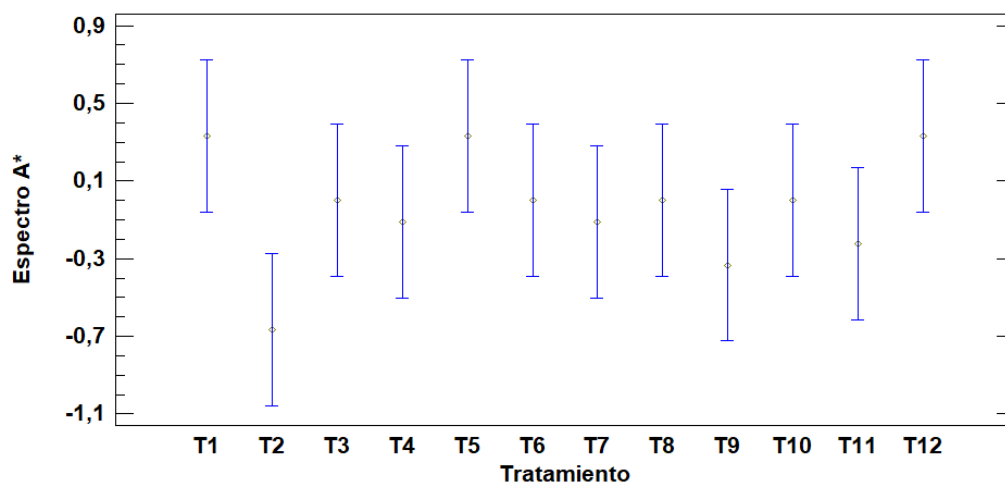
ELABORADO: AUTORA

En la tabla 24, se observó que no existe diferencia significativa en cada uno de los tratamientos ( $0,1600 < 0,05$ ), al igual que en las horas ( $0,9300 < 0,05$ ) y las réplicas ( $0,1500 < 0,05$ ), sin embargo, la interacción Tratamiento\*Hora ( $0,0001 < 0,05$ ), si presentó diferencia significativa.

**Tabla 25***Prueba de significación Tukey ( $p < 0,05$ ) para los resultados de espectro A\*.*

Tratamiento	Hora 0	Hora 4	Hora 8
T1	0,33 <sup>AB</sup>	0,33 <sup>AB</sup>	0,33 <sup>AB</sup>
T2	0,67 <sup>AB</sup>	-0,67 <sup>A</sup>	-2,00 <sup>B</sup>
T3	0,00 <sup>AB</sup>	0,00 <sup>AB</sup>	0,00 <sup>AB</sup>
T4	0,67 <sup>AB</sup>	0,70 <sup>AB</sup>	0,90 <sup>AB</sup>
T5	0,33 <sup>B</sup>	0,33 <sup>AB</sup>	-1,00 <sup>AB</sup>
T6	0,00 <sup>AB</sup>	0,00 <sup>AB</sup>	0,00 <sup>AB</sup>
T7	0,33 <sup>AB</sup>	0,33 <sup>AB</sup>	-1,00 <sup>AB</sup>
T8	0,00 <sup>AB</sup>	0,00 <sup>AB</sup>	0,00 <sup>AB</sup>
T9	0,33 <sup>AB</sup>	0,33 <sup>AB</sup>	0,67 <sup>AB</sup>
T10	0,67 <sup>AB</sup>	0,33 <sup>B</sup>	- 1 <sup>AB</sup>
T11	0,00 <sup>AB</sup>	0,00 <sup>AB</sup>	0,00 <sup>AB</sup>
T12	0,33 <sup>AB</sup>	0,33 <sup>AB</sup>	0,33 <sup>AB</sup>

ELABORADO: AUTORA

**Figura 32***Prueba de significación de Tukey para el espectro de color A\**

ELABORADO: AUTORA

Se observó que el efecto de los tratamientos no tuvo diferencia significativa ( $p < ,05$ ) con el parámetro o coordenada  $a^*$  en la conservación de la yuca blanca. La prueba de significación Tukey nos indica que existe un comportamiento ligeramente creciente respecto al espectro  $A^*$  en el Tratamiento 2 (Impregnación al vacío + citrato monosódico + 0,5 %), después de permanecer 4 y 8 horas en ambiente controlando, presentando valores negativos desde -0,67 a -2,00, indicando que dicho parámetro o coordenada  $a^*$  tiende a aumentar la intensidad de color verde, luego de emplear los métodos de conservación. Con respecto a el Tratamiento 3 (Impregnación al vacío + ácido ascórbico + 0,75 %), Tratamiento 6 (Impregnación al vacío + citrato monosódico + 1 %), Tratamiento 8 (Impregnación al vacío – Deshidratación osmótica + citrato monosódico + 0,5 %), presentaron valores de 0,00 en el espacio CIEL $^*a^*b^*$ , lo que indica que no existe orientación hacia rojo o verde.

**Tabla 26***Análisis de varianza de Colorimetría de espectro B\* en yuca blanca.*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2439,72	37	65,94	1078,99	0,0001
Tratamiento	2386	11	216,91	3549,42	0,0001
Hora	32	2	16	261,82	0,0001
Réplicas	0,39	2	0,19	3,18	0,0600
Tratamiento*Hora	21,33	22	0,97	15,87	0,0001
Error	4,28	70	0,06		
Total	2444	107			

ELABORADO: AUTORA

La tabla 26, indica que los resultados de colorimetría de espectro B\*, presentaron diferencia significativa en cada uno de los tratamientos ( $0,0001 < 0,05$ ), además de la interacción Tratamiento\*Hora ( $0,0001 < 0,05$ ), con respecto a las réplicas ( $0,0600 < 0,05$ ), no se observó diferencia significativa.

**Tabla 27**

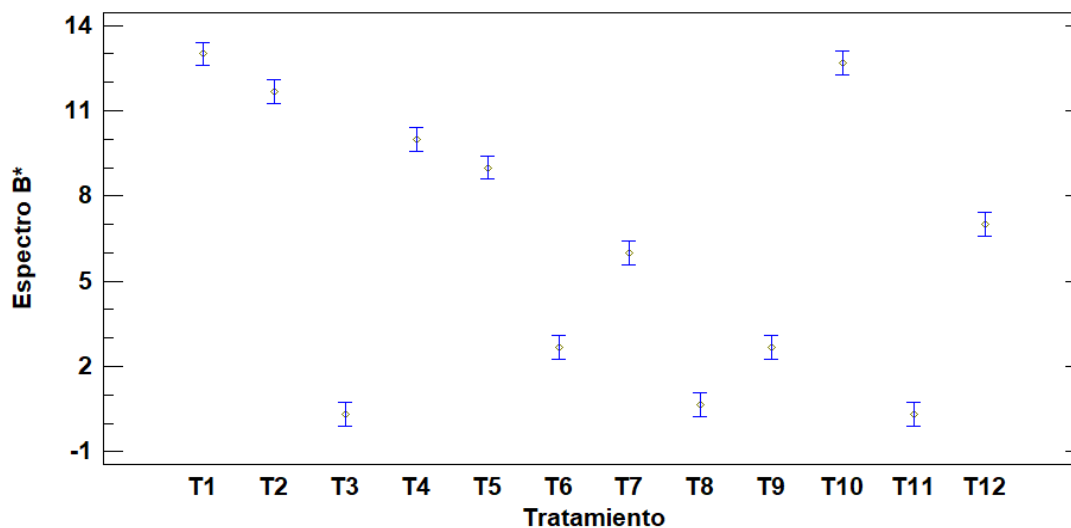
*Prueba de significación Tukey ( $p < 0,05$ ) para los resultados de espectro B\*.*

Tratamiento	Hora 0	Hora 4	Hora 8
T1	12 <sup>L</sup>	13 <sup>L</sup>	14 <sup>M</sup>
T2	11 <sup>K</sup>	12 <sup>L</sup>	12 <sup>L</sup>
T3	0 <sup>AB</sup>	0,33 <sup>A</sup>	0,67 <sup>AB</sup>
T4	9 <sup>I</sup>	10 <sup>J</sup>	11 <sup>K</sup>
T5	8 <sup>H</sup>	9 <sup>I</sup>	10 <sup>J</sup>
T6	2 <sup>C</sup>	3 <sup>D</sup>	3 <sup>D</sup>
T7	5 <sup>E</sup>	6 <sup>F</sup>	7 <sup>G</sup>
T8	0 <sup>B</sup>	1 <sup>A</sup>	1 <sup>C</sup>
T9	2 <sup>C</sup>	3 <sup>D</sup>	3 <sup>D</sup>
T10	11 <sup>K</sup>	13 <sup>M</sup>	14 <sup>N</sup>
T11	0 <sup>AB</sup>	0,3 <sup>A</sup>	0,67 <sup>AB</sup>
T12	6 <sup>F</sup>	7 <sup>G</sup>	8 <sup>H</sup>

ELABORADO: AUTORA

**Figura 33**

*Prueba de significación de Tukey para el espectro de color B\**



ELABORADO: AUTORA

El parámetro o coordenada  $b^*$  presento valores superiores desde 12 a 14 en el Tratamiento 1 (Impregnación al vacío + ácido ascórbico + 0,5 %), al igual que en el Tratamiento 10 (Impregnación al vacío - Deshidratación osmótica + citrato monosódico + 0,75 %) con valores desde 11 a 14. Sin embargo, en el Tratamiento 3 (Impregnación al vacío + ácido ascórbico + 0,75 %), Tratamiento 6 (Impregnación al vacío + citrato monosódico + 1 %), Tratamiento 8 (Impregnación al vacío - Deshidratación osmótica + citrato monosódico + 0,5 %), presentó valores desde 0 hasta 3, indicando poca intensidad del color amarillo en la yuca que atravesó por deshidratación osmótica e impregnación al vacío.

#### **4.1.4.1. Discusiones.**

Según (Oliag, 2019),  $L^*$  es la medida de luminosidad, su valor varía de 0 para un negro a 100 para un blanco. Cuanto más cercano será el valor a 100 más luminoso será el producto, y cuanto más próximo a 0, más oscuro será. Al realizar una comparación de las muestras que permanecieron 0, 4 y 8 horas en un ambiente controlado, se evidenció en el espacio de color CIELab una ligera disminución de luminosidad en el Tratamiento 1 (Impregnación al vacío + ácido ascórbico + 0,5 %), Tratamiento 4 (Impregnación al vacío + citrato monosódico + 0,75 %) y T7 (Impregnación al vacío - Deshidratación osmótica + ácido ascórbico + 0,5 %). Por otro lado, los demás tratamientos presentaron una alta luminosidad, con valores de  $L^*$  entre 93,39 – 99,75, siendo cercanos al valor de 100 que representan el blanco ideal y manteniendo el estado fresco de la yuca blanca.

Según los resultados de (Ibarz-Martínez et al., 2010), para evaluar el pardeamiento de zumos clarificados de limón tratados a altas temperaturas, explica que este pardeamiento es debido a la aparición de melanoidinas, lo que provoca que el incremento de color o los parámetros colorimétricos  $a^*$  y  $b^*$ , varíen a medida que el contenido en melanoidinas formadas aumenta.

El parámetro  $a^*$  presento valores negativos a la hora 4 y 8 de permanecer en ambiente controlado, desde -0,67 a -2,00, además de presentar valores positivos que varían desde 0 a 1,67, (Salvador, 2016) en su investigación realizó colorimetría en muestras de pulpa de palta, manifestando que esta coordenada  $a^*$  es el eje de oposición verde - rojo, donde el extremo positivo indica más percepción rojiza y el negativo indica más verdosa. El punto central indica valor neutro. En esta investigación los tratamientos T2, T5, T7 y T1 presentaron una tonalidad ligeramente verdosa. A diferencia de los demás tratamientos que presentaron valores positivos cercanos a 0, evidenciando no existe una percepción rojiza en los tratamientos.

El parámetro  $b^*$ , presento en todos los tratamientos valores positivos, situándose los mejores resultados en el Tratamiento 3 (Impregnación al vacío + ácido ascòrbico + 0,75 %), Tratamiento 6 (Impregnación al vacío + citrato monosódico + 1 %) y Tratamiento 8 (Impregnación al vacío - Deshidratación osmótica + citrato monosódico + 0,5 %), que fueron sometidos a prueba de catación, registrando valores desde 0 hasta 3, los demás tratamientos presentan valores superiores desde 0 hasta 14.

En una investigación realiza por (García, 2020), que evaluó los cambios de color en la perseveración de jugos turbios, manifiesta que la coordenada  $b^*$  es el eje de oposición azul-amarillo, donde el extremo positivo indica más percepción amarilla y el negativo indica más azulada. El punto central indica valor\_neutro.

En la presente investigación, los tratamientos presentan un comportamiento homogéneo, con un ligero aumento de la intensidad del color amarillo. Por otro lado, este mismo autor, manifiesta que numerosos investigadores indican al valor de L como un importante parámetro para medir el grado de pardeamiento, así como también los valores de ángulo de tono ( $H_{ab}$ ) y croma ( $C^*$ ), una baja en los valores de L y  $H_{ab}$  y un aumento en los de  $C^*$  implicarían un aumento en el pardeamiento.

## **CAPITULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 5.1. Conclusiones

- En la presente investigación, se determinó que la deshidratación osmótica permite extender la vida útil y mantener las características sensoriales, funcionales y nutricionales en la yuca blanca. Además, mediante los análisis físico – químicos, se establece que este método de conservación disminuye la actividad de agua en cada uno de los tratamientos. Con respecto a la ceniza, los valores varían de 1.25 – 4.30, situándose los valores más altos en los trozos de yuca que fueron sumergidos en una solución de cloruro de calcio al 5%.
- Al emplear una solución de ácido ascórbico y citrato monosódico al 0.5; 0.75 y 1% mediante impregnación al vacío los valores de pH variaron desde 5.14 – 6.67, considerándose que es un pH ligeramente ácido, por lo tanto, óptimo para reducir la actividad enzimática de la PPO.
- Para evaluar los cambios de color en la yuca fresca sin ningún método de conservación, se realizó un barrido en la región UV del espectrofotómetro, presentando una absorbancia máxima (3.77) en la longitud de onda ( $\lambda$ ) de 260 nm, sin embargo, al exponer la muestra a temperatura ambiente (40°C) en una estufa durante 4 y 8 horas, se registró un incremento en sus valores de absorbancia debido a los efectos de los polifenoles que otorgan actividad antioxidante, a la vez que son sustratos de las enzimas responsables del pardeamiento.
- Con respecto a los métodos de conservación, se concluye que los tratamientos que presentaron menos cambios de color en la estructura del tubérculo por efecto del pardeamiento fueron tratamiento 3 (Impregnación al vacío + ácido ascórbico + 0,75 %), tratamiento 6 (Impregnación al vacío + citrato monosódico + 1 %), tratamiento 8 (Deshidratación osmótica con impregnación al vacío + citrato monosódico + 0,5 %), tratamiento 9 (Deshidratación osmótica con impregnación al vacío + ácido ascórbico + 0,75 %) y tratamiento 11 (Deshidratación osmótica con impregnación al vacío + ácido ascórbico + 1 %), por ende, se deduce que la combinación de ambos métodos presenta un efecto sinergia, favoreciendo de forma significativa la inhibición del oscurecimiento, manteniéndose constante los valores de absorbancia registrados en la hora 0, 4 y 8, después de ser expuestos a ambiente controlado.

- Los tres tratamientos que presentaron mejores resultados en una prueba de significación Tukey ( $p < 0.05$ ) fueron evaluados por 46 catadores en base al atributo sabor, mostrando que todos presentan el mismo nivel de agrado, al no existir diferencia significativa entre sus medianas, como lo indica la prueba de Kruskal Wallis. De la misma manera, se determinó que este producto mínimamente procesado presenta el mismo nivel de aceptabilidad que la yuca fresca sin ningún método de conservación.
- Se evaluó el pardeamiento a través del espacio de color CIELAB, corroborando que los tres tratamientos que dieron mejores resultados en espectrofotometría Uv – visible y fueron sometidos a pruebas de catación, presentaron valores cercanos a 100 respecto al parámetro  $L^*$ , reflejando una tonalidad blanco, característico del color de la yuca blanca. Además de valores cercanos a 0 en el espectro  $a^*$ , presentando poca percepción del color verde y rojo, además del espectro  $b^*$  que no muestra una intensidad amarilla evidente, enfatizando, que los métodos de conservación empleados tienen un impacto positivo en la vida útil de la yuca blanca

## 5.2. Recomendaciones

- Se recomienda, evaluar los parámetros cinéticos fundamentales, como la ganancia de sólidos, pérdida de agua, reducción de peso y relación pérdida de agua-ganancia de sólidos, durante el tiempo que tardan en completarse los procesos tecnológicos empleados.
- Debe tenerse en cuenta que concentraciones muy altas de soluto pueden causar que se forme una capa de este sobre la superficie del tubérculo lo que dificultaría la pérdida de agua. Por lo tanto, es muy importante realizar ensayos previos para determinar cuál es la concentración más adecuada para reducir los niveles de oscurecimiento en la yuca blanca.
- Es recomendable, analizar el efecto combinado de ácido ascórbico y citrato monosódico para retardar el pardeamiento en yuca blanca, y a la vez, emplear otros compuestos químicos con poder inhibidor con la finalidad de preservar las características del tubérculo por mayor tiempo.

- Se sugiere, sumergir inmediatamente la yuca blanca después de su pelado en una solución osmótica para lograr impedir al máximo el pardeamiento enzimático que ocurre con mayor rapidez cuando la superficie de corte se mantiene expuesta en contacto directo con el oxígeno.
- Tener en cuenta, que el tamaño y peso de los trozos de yuca sean homogéneos, para realizar mejores comparaciones en el programa de procesamiento digital, ImageJ.
- Se recomienda, realizar la investigación en otras enzimas como la catalasa y peroxidasa que son degenerativas de la calidad de muchos vegetales de alto valor comercial e industrial.
- Es recomendable realizar una evaluación sensorial del producto mínimamente procesado en textura, color y olor para determinar sus propiedades y variación con el tiempo de almacenamiento.
- Se recomienda, promover el consumo de los productos mínimamente procesados, empleando estos métodos de conservación en otros vegetales que experimentan cambios en los procesos fisiológicos y metabólicos, ocasionando el pardeamiento, para una agregación de valor a la producción primaria, además de impulsar el desarrollo de nuevas asociaciones comerciales y encadenamientos entre la pequeña agricultura y el mercado intermediario.

**CAPITULO VI**

**BIBLIOGRAFÍA**

## Bibliografía

- Abril Díaz, N., Antonio Bárcena Ruiz, J., Fernández Reyes, E., Galván Cejudo, A., Jorrín Novo, J., Peinado Peinado, J., Toribio Meléndez, F., & Túnez Fiñana, I. (2000). *Espectrofotometría: Espectros de absorción y cuantificación colorimétrica de biomoléculas*. <https://www.uco.es/dptos/bioquimica->
- Arias, L., Perea, Y., & Zapata, J. E. (2019). Cinética de la Transferencia de Masa en la Deshidratación Osmótica de Mango (*Mangifera indica* L.) var. Tommy Atkins en Función de la Temperatura. *Informacion Tecnologica*, 28(3), 47–58  
<https://doi.org/10.4067/S0718-07642017000300006>
- Benavides, J. (2017). *Efectos de la deshidratación osmótica y secado sobre las características físico químicas y sensoriales de snack de mashua (Tropaeolum tuberosum)* [Pregrado, Universidad Técnica del Norte]  
<http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/6071>
- Benavides, R. (2003). *Conservación de yuca (manihot esculenta) aplicando vacío y atmósferas modificadas*. [https://ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_alimentos](https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_alimentos)
- Braen, M. (2014). *Efecto del ácido cítrico en la inhibición del oscurecimiento enzimático de la yuca blanca (manihot esculenta crantz) mínimamente procesada, envasada y almacenada en refrigeración –Departamento de Ucayali* [Pregrado, Universidad Nacional Intercultural de la Amazonia]. <http://repositorio.unia.edu.pe/handle/unia/70>
- Brenes, E. A., Segreda, A., Daniel, R., Argüello, S., Morales González, J., Chacón, M., Ligia, L., Rojas, R., Chinchilla, P. A., Torres, S., Yannery, P., & Bonilla, G. (2017). *MANUAL DEL CULTIVO DE YUCA Manihot esculenta Crantz* (M. Mesén & Ramírez Laura, Eds.; INTA). [www.altdigital.co](http://www.altdigital.co)

- Cabañas, L. (2018). “*Estudio de la influencia de la temperatura y tipo de pretratamiento en el color de rodajas de manzana var. granny smith, durante el proceso de pardeamiento enzimático*” [Univesidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas]  
<https://hdl.handle.net/20.500.14077/1321>
- Calero, F., & Gómez, F. (2021). Problemática de los alimentos vegetales mínimamente procesados en fresco. *PHYTOMA*, 3. <http://hdl.handle.net/10317/297>
- Cano, P. (2010). *Altas presiones, una nueva alternativa para la mejora de la calidad y seguridad en vegetales frescos*. <http://alimentos.web.unq.edu.ar/wp-content/>
- Carda Navarro, C., Seguí Gil, L., & Betoret Valls, N. (2021). *Aplicación de la impregnación a vacío a la hidrólisis enzimática de residuos de industrialización de frutas y hortalizas*.  
<https://m.riunet.upv.es/handle/10251/68696?show=full>
- Cardona, F. (2015). Ósmosis y presión osmótica. implicaciones en química, biología y tecnología de alimentos. *Dialnet*, 15, 1–12  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5235899>
- Cartay, R. (2004). Difusión y comercio de la yuca (Manihot Esculenta) en Venezuela y en el mundo. *Scielo*, 8(18).
- Casado Vela, J. (2004). *Aproximación cinética, molecular y proteómica al estudio de podredumbre apical en frutos de tomate (“Lycopersicon esculentum” M.). Implicación de polifenol oxidasa (PPO) y enzimas antioxidantes*. [Doctorado]. Universidad de Alicante.
- Castellanos, I., Velandia, J., González, M. Á., Varela, D., & Ramírez, E. (2018). *Aplicaciones y generalidades de un espectrofotómetro uv-vis uv-1800 de shimadzu* (M. Diez, Ed.; EAN).

- Castro, E. (2007). *Estudio de la impregnación a vacío de miel y su efecto en atributos de calidad de hojuelas de manzana (var. Granny Smith) deshidratadas*. [Pregrado, Universidad de Chile]. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/105621>
- Ceballos, G. (2005). *Estudios en papaya minimamente procesada por deshidratación osmótica* [Pregrado, Universidad Politécnica de Valencia]  
<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/1885/tesisUPV2366.pdf>
- Ceballos, H., & De la Cruz, G. A. (1981). *Taxonomía y Morfología de la Yuca*.
- Coral, V. (2014). *Determinación proximal de los principales componentes nutricionales de siete alimentos: yuca, zanahoria amarilla, zanahoria blanca, chocho, avena laminada, harina de maíz y harina de trigo integral*. [Pregrado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/8924>
- Delgado, R., & Hurtado, G. (2019). *Efecto del ácido cítrico y ascórbico para reducir la actividad de la polifenoloxidasa en pulpa de níspero (Eriobotrya japonica)* [Pregrado, Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”]. <https://hdl.handle.net/20.500.12893/8609>
- DeltaEnfoque. (2009). *Control del pardeamiento enzimático*  
<http://alimentos.web.unq.edu.ar/wp-content/uploads/sites/57/2016/03/Pardeamiento-enzim%C3%A1tico.pdf>
- Domínguez, J., Román, A., Prieto, F., & Acevedo, O. (2021). Sistema de Notación Munsell y CIELab como herramienta para evaluación de color. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(1), 23–25. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263123192010>
- Durazno, C., & Espinoza, M. (2020). *Diseño de línea de producción de yuca congelada para exportación* [Pregrado, Escuela Superior Politécnica del Litoral]  
<http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/50377>

- Fernández, P. (2007). *Estudio de la impregnación a vacío de miel y su efecto en atributos de calidad de hojuelas de manzana (var. Granny Smith) deshidratadas*. [Pregrado, Universidad de Chile]  
[https://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2007/fernandez\\_p/html/index-frames.html](https://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2007/fernandez_p/html/index-frames.html)  
<https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/105621>
- Garay, M. (2019). *Reacciones de pardeamiento presentes durante el procesamiento de puré de banano que afectan su calidad y sus posibles soluciones*. [Pregrado, Universidad Técnica de Machala]  
<http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/13586/1/GARAY%20AUCAY%20MICHAEL%20GUILLERMO.pdf>
- García, M. (2016). “*Apuntes para Espectrometría de Radiación Ultravioleta Visible (UV/VIS)*.” <http://hdl.handle.net/20.500.11799/68318>
- García, M. (2020). *Evaluación de la efectividad del uso de luz ultravioleta de onda corta (UV-C) asistido por temperatura moderada en la preservación de jugos turbios* [Pregrado, Universidad de Buenos Aires]  
[http://hdl.handle.net/20.500.12110/tesis\\_n6799\\_GarciaCarrillo](http://hdl.handle.net/20.500.12110/tesis_n6799_GarciaCarrillo)
- Hernández, A. (2020). *Obtención de un material compuesto sensible a la radiación uv obtenido a partir de una matriz polimérica, tio2 y un colorante Azo* [Posgrado, Centro de Investigación Científica de Yucatán, A. C.]  
<https://cicy.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1003/1646>
- Hernández, C. (2019). “*Cambio estructural del almidón como consecuencia del escaldado en camote (Ipomoea batatas) de diferentes variedades*.”  
<http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/handle/231104/2204>

- Hernandez, F., Aguayo, E., Gomez, P., & Artés. Francisco. (2009). Productos vegetales mínimamente procesado o de la “cuarta gama.” *UNAN - León*, 6, 72–83  
<https://www.lamjol.info/index.php/UNIVERSITAS/article/view/14041/16367>
- Ibañez, F., & Barcina, Y. (2001). *Análisis sensorial de alimentos. Métodos y Aplicaciones*. Springer.
- Ibarz-Martínez, R., Pagán, J., Garza, S., & Ibarz, A. (2010). Pardeamiento de zumos clarificados de limón tratados a altas temperaturas. *Scientia Agropecuaria*, 1(1), 7–20.  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=357633694001>
- INEN. (1990). *Hortalizas frescas. Yuca*  
<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1760.pdf>
- Inga Guamán, K. (2020). *Determinación del perfil lipídico de la yuca en sus diferentes cortes y su caracterización térmica*. [Pregrado, Universidad del Azuay]  
<https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/9671/1/15302.pdf>
- Inga, H., & Parodi, J. (2001). *DIVERSIDAD DE YUCA (Manihot esculenta Crantz)*.  
<http://www.iiap.org.pe/upload/publicacion/st028.pdf>
- Ivan, R., Loor, P., Duma Muñoz, K. I., Vera Velázquez, R., Del, W., Holguín, V., Figueroa, T. F., & Villao, F. A. (2022)  
Identificación de la composición orgánica de los alimentos que garantizan la soberanía alimentaria en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas. *Publicación Cuatrimestral*, 6(2), 47–62. <https://orcid.org/0000->
- Lemos, L., Gutiérrez, D., Disavo, A., & Rodríguez, S. (2017). Optimización de tratamientos antipardeantes en berenjenas IV gama, mediante la aplicación de método de superficie

de respuesta. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 18, 133–144.  
<https://www.redalyc.org/journal/813/81353563009/html/>

Lilisbeth, M., Solórzano, B., Auxiliadora, L., & Zambrano, V. (2017). *Efecto del ácido ascórbico en el pardeamiento enzimático de la pulpa de pitahaya (hylocereus undatus) almacenada a diferentes temperaturas de congelación* [Pregrado, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí]  
<https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/634/1/TAI120.pdf>

Marchart, S. S. (2007)

*Pardeamiento enzimático del fruto de níspero (Eriobotrya japonica cv. Algerie): enzimología y fisiología de las polifenol oxidasas*. [Doctoral]. Universidad de Alicante.

Marques, M., Galati, C., Guimarães, R., & Lizardo, I. (2015). Principales consideraciones en el procesamiento mínimo de tubérculos y raíces para industrias pequeñas y medianas (artesanales). *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 16(2), 158–164.  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81343176003>

Meneses, J. (2018). Deshidratación osmoconvectiva en frutas y hortalizas: Una revisión de desarrollos recientes. *Agroindustrial Science*, 8(1), 67–72  
<https://doi.org/10.17268/agroind.sci.2018.01.10>

Meneses Portilla, K., Santacruz Terán, S., & Coloma Hurel, J. (2021). Conservación de yuca (Manihot esculenta) con recubrimiento a base de harina de cáscara de plátano. *Revista Técnica de La Facultad de Ingeniería. Universidad Del Zulia*, 40(1)  
[https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0254-07702017000200006](https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0254-07702017000200006)

- Meza Velázquez, J. A., Lozano De Gonzalez, P., Rivera, J. R. E., & Meza Velásquez, F. (2007). Inhibición del oscurecimiento enzimático y cambios texturales en manzana Golden Delicious tratada con jugo de piña. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 6, 1–7. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=455545068001>
- Naranjo, A. (2020). *Implementación de un sistema multicomponente amigable con el ambiente por espectrofotometría Uv-vis* [Pregrado, Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas]. <http://tesis.ipn.mx/handle/123456789/29521>
- NATURAL CHEMISTRY RESEARCH GROUPS. (2014). *Espectros UV de polifenoles*.
- Neira Díaz, L. (2020). *Principios básicos de la química y bioquímica de los alimentos* (La Serena, Vol. 1).
- Oliag, P. T. (2019). *Evaluación del color y tolerancia de color en alimentos a través del espacio CIELAB*. <http://hdl.handle.net/10251/83392>
- Osorio, Á. A. (2019). Pruebas de análisis sensorial para el desarrollo de productos de cereales infantiles en Venezuela. *Publicaciones En Ciencias y Tecnología*, 13, 27–37  
<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.21791.51361>
- Ospina, B., & Ceballos, H. (2002). *La yuca en el Tercer Milenio* (PLM).
- Ossa Montoya, V., Gil, M., & Cortés, M. (2023). Impregnación al vacío y sus parámetros operativos: una revisión. *TecnoLógicas*, 26(56)  
<https://doi.org/10.22430/22565337.2605>
- Owen, T. (2000). *Espectros UV de polifenoles*.
- Pallarozo, R., Duma, K., Vera, R., & Ayón, F. (2020). Identificación de la composición orgánica de los alimentos que garantizan la soberanía alimentaria en la Provincia de

- Santo Domingo de los Tsachillas. *Revista Científica Multidisciplinaria*, 6(2), 47–62.  
<https://orcid.org/0000->
- Parzanese, T. M. (2020). *Vegetales mínimamente procesados*.
- Pérez, L. (2003). *Aplicación de métodos combinados para el control del desarrollo del pardeamiento enzimático en pera (variedad Blanquilla Minimamente Procesada)* [Universidad Politécnica de Valencia]. <https://riunet.upv.es/handle/10251/2663>
- Pijal, B., & Pineda, G. (2022). “*Obtención de harina de yuca (Manihot esculenta) y plátano verde (Musa paradisiaca) a partir de materia prima proveniente del Cantón Arajuno*” [Pregrado, Universidad Politécnica Estatal del Carchi]  
<http://repositorio.upec.edu.ec/handle/123456789/1534>
- Piñeiro-Di-Blasi, J. I., Martínez-Torres, J., Santiago Pozo-Antonio, J., Iglesias-Comesaña, C., Cuesta, L., Taboada-Castro, J., Gajino-Núñez, P., & Tresaco-Vidaller, E. (2014). Desarrollo de una aplicación para la comparación rápida de pigmentos a partir de sus coordenadas colorimétricas. *DYNA*, 81(184), 49–54. <http://dyna.medellin.unal.edu.co/>
- Rodríguez, J. M. (2018). *Consecuencias higiénicas de la alteración de los alimentos*. [http://www.aeemt.com/contenidos\\_socios/Recursos/Documentos\\_interes/Consecuencia\\_Higienica\\_Alteracion\\_Alimentos\\_2012.pdf](http://www.aeemt.com/contenidos_socios/Recursos/Documentos_interes/Consecuencia_Higienica_Alteracion_Alimentos_2012.pdf)
- Rodríguez, S., Del, C. ;, & Qüesta, A. G. (2019). *Evaluación sensorial de vegetales frescos y mínimamente procesados*. <https://fcai.uncuyo.edu.ar/upload/29atc-rodriguez-unse.pdf>
- Salcedo Mendoza, J., Mercado B;, J. L., Vanegas B;, M., Fernández, A., & Vertel, M. L. (2014). Cinética de secado de la yuca (Manihot esculenta Crantz) variedad CORPOICA M-tai en función de la temperatura y de la velocidad de aire. *Revista ION*, 27.

[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-100X2014000200004](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-100X2014000200004)

Salvador, R. (2016). “*Modelamiento de la relación calibre, humedad y contenido de aceite en palta HASS (Persea americana) de descarte por bajo calibre para la elaboración de pulpa*” [Pregrado, Universidad Nacional del Santa]  
<https://hdl.handle.net/20.500.14278/2763>

Sanjinez-Argandoña, E. J., Guilherme Branco, I., Takito, S. Y., & Corbari, J. (2009). Influencia de la deshidratación osmótica y de la adición de cloruro de calcio en la conservación de kivis minimamente procesados. *SciELO*, 30  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1590/S0101-20612010000500031>

Serrate, C. (2016). *Alteraciones no microbianas en alimentos: el pardeamiento y el enranciamiento*. <https://m.riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/147166/Cardona%20-%20ALTERACIONES%20ENZIM%C3%81TICAS%20EN%20ALIMENTOS%3A%20EL%20PARDEAMIENTO%2C%20EL%20ENRANCIAMIENTO%20Y%20LA%20REACCI%C3%93N....pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Silveira, A. C. (2017). Uso de aditivos y métodos físicos para mantener la calidad de los productos IV gama o minimamente procesados. *SciELO*, 21, 3.

Solar, D., & Ráez, L. (2020). Transferencia de masa en la deshidratación osmótica a vacío de rodajas de Ananas comosus L.merr "piña". *Industrial Data*, 8(1)  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81680102>

Tokuda, M. (2023). *Psicología del color e iluminación aplicada a un espacio interior*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC).

- Uset, N. (2008). *Producción de Mandioca y sus usos* [Secretaría de Desarrollo Económico Municipalidad de Montecarlo - Argentina]. <https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-cuadernillo-mandioca.pdf>
- Vega-Gálvez, A., Palacios, M., Boglio, F., Pássaro, C., Jeréz, C., & Lemus-Mondaca, R. (2007). Deshidratación osmótica de la papaya chilena (*Vasconcellea pubescens*) e influencia de la temperatura y concentración de la solución sobre la cinética de transferencia de materia. *Ciênc. Tecnol. Aliment*, 27(3), 470–477  
<https://www.scielo.br/j/cta/a/pgwsw4gL5SX74vpsks4pDVx/?format=pdf&lang=es>
- Villamizar, H. (2014). *Efecto del medio osmótico sobre la deshidratación de cubos de papaya (Carica papaya) variedad maradol*  
<https://revistas.ugca.edu.co/index.php/ugciencia/article/view/312/577>
- Villarroel Heise, P., Gómez, C., Vera, C., & Torres, J. (2019). Almidón resistente: Características tecnológicas e intereses fisiológicos. In *Revista Chilena de Nutricion* (Vol. 45, Issue 3, pp. 271–278). Sociedad Chilena de Nutricion Bromatologia y Toxilogica. <https://doi.org/10.4067/s0717-75182018000400271>
- Villegas, G. (2019). *Determinación de nitratos por espectrofotometría uv visible en productos cárnicos* [Pregrado]. Universidad Nacional de Cuyo.
- Yupangui, M. (2016). *Métodos utilizados para evitar el pardeamiento enzimático y no enzimático en el puré de banano en la industria alimenticia*.
- Zambrano, J. (2016). *Evaluación de la influencia de actividades productivas del cultivo Yuca, en la calidad del suelo, Comunidad San Pablo De Tarugo*. [Pregrado, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Félix López]  
<https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/290/1/TMA91.pdf>

Zapata Montoya, J. E., & Castro, G. (1999). *DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DE FRUTAS Y VEGETALES*. 1

<https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/23782/24455>

Zarate Paucarpura, V. (2016). *Optimización en la estabilidad de fructooligosacáridos en Harina de Yacón (Smallanthus sonchifolius) por efecto del blanqueado en solución salina y ácida* [Pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]



<https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/1594/ZAate%20Paucarpura%20-%20Tesis.pdf?sequence=1>

## **CAPITULO VII**

### **ANEXOS**




### Anexo 1

*Preparación de la muestra de yuca blanca.*

	
Limpieza y troceado	Limpieza y troceado




### Anexo 2

*Proceso de deshidratación osmótica en los tratamientos.*

	
Preparación solución de cloruro de calcio al 5 %	Proceso de deshidratación osmótica
	
Muestra con solución osmótica	


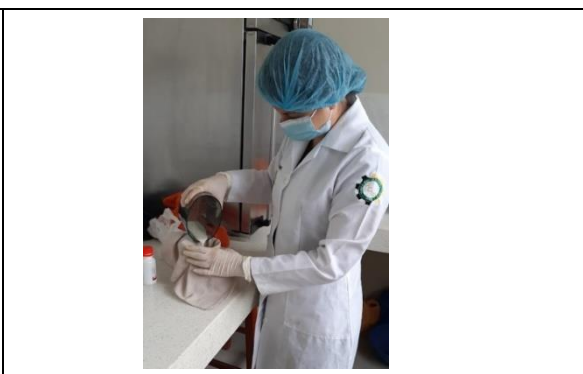
### Anexo 3

*Proceso de impregnación al vacío en los tratamientos.*

 A photograph showing several glass bottles of different sizes on a laboratory bench. Some bottles contain clear liquids, while others contain a light-colored powder or slurry. The bottles are arranged in a row, and the background shows a wall with electrical outlets.	 A photograph showing several pieces of white, rectangular, porous material (likely yuca blanca) placed inside a clear plastic vacuum impregnation bag. The bag is laid flat on a dark surface.
<p>Preparación solución de ácido ascórbico y citrato monosódico al 0.5, 0.75 y 1 %</p>	<p>Solución impregnada en la yuca blanca</p>
 A photograph of a stainless steel vacuum packaging machine. The machine has a control panel with a digital display, several buttons, and a pressure gauge. The top lid is open, and the machine is sitting on a light-colored surface.	
<p>Empacadora al vacío para impregnación</p>	

### Anexo 4

*Proceso de filtrado del extracto de yuca blanca.*

 A photograph showing a person in a white lab coat, blue hairnet, and face mask. They are using a manual press to extract liquid from yuca pieces. The extracted liquid is being collected in a metal tray.
<p>Obtención del extracto de yuca</p>
 A photograph showing the same person in a white lab coat, blue hairnet, and face mask. They are pouring the extracted liquid through a filter into a container.
<p>Primer filtrado</p>



Segundo filtrado



Centrifugado



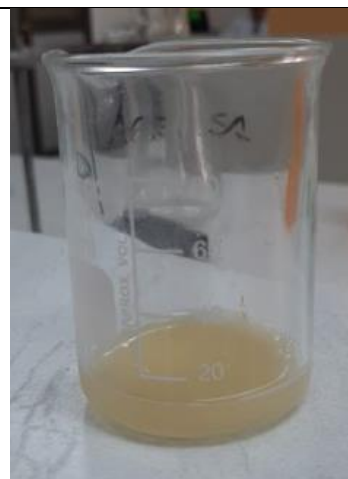
Tercera filtración



Equipo de filtración






Extracto inicial



Extracto final



## Anexo 5

*Proceso de ambiente controlado en yuca blanca.*

	
Ingresan los tratamientos a una estufa (40°C)	
	
Antes de acelerar el pardeamiento	Después de acelerar el pardeamiento

## Anexo 6

*Proceso de espectrofotometría Uv – visible en los tratamientos.*

	
Preparación de disoluciones 1: 10 y 1:15	Medir la absorbancia con el espectrofotómetro Uv - visible




### Anexo 7

*Análisis sensorial en los tres mejores tratamientos de la investigación.*

	
Preparación de la muestra.	Entrega de fichas descriptivas para evaluar sabor y aceptabilidad.
	
Prueba de catación dirigida a estudiantes del 6to módulo de Agroindustria	





### Anexo 8

*Análisis bromatológicos en el producto mínimamente procesado.*

		
Humedad	Ceniza	pH

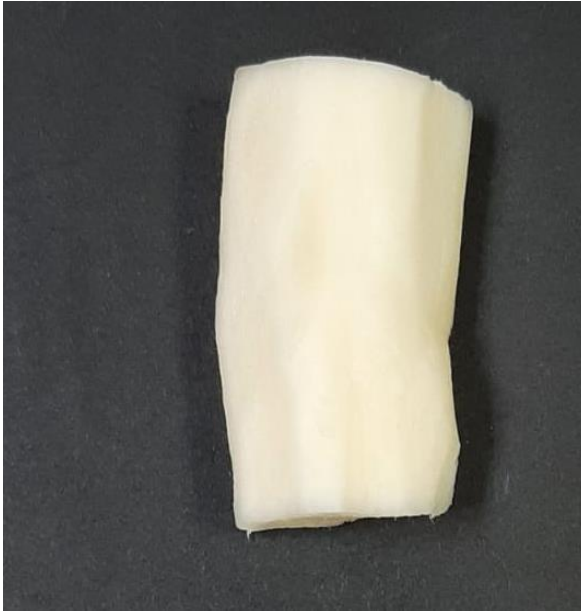



**Anexo 9**

*Resultados posteriores a las 4 horas y 8 horas de ambiente controlado en la yuca fresca.*

	
Hora 0	4 horas
	
Hora 0	8 horas





**Anexo 10**

*Resultados posteriores a las 4 horas y 8 horas de ambiente controlado en el Tratamiento 1.*

	
Hora 0	4 horas
	
Hora 0	8 horas





**Anexo 11**

*Resultados posteriores a las 4 horas y 8 horas de ambiente controlado en el Tratamiento 2.*

	
Hora 0	4 horas
	
Hora 0	8 horas





**Anexo 12**

*Resultados posteriores a las 4 horas y 8 horas de ambiente controlado en el Tratamiento 3.*

	
Hora 0	4 horas
	
Hora 0	8 horas





**Anexo 13**

*Resultados posteriores a las 4 horas y 8 horas de ambiente controlado en el Tratamiento 4.*

 A rectangular, off-white, layered biological sample, appearing relatively smooth and uniform in color.	 The same sample after 4 hours, showing increased wrinkling and a more uneven, textured surface.
<p>Hora 0</p>	<p>4 horas</p>
 A rectangular, off-white, layered biological sample, similar to the top-left image.	 The same sample after 8 hours, showing significant wrinkling, some fraying at the edges, and a more yellowish-tan coloration.
<p>Hora 0</p>	<p>8 horas</p>





**Anexo 14**

*Resultados posteriores a las 4 horas y 8 horas de ambiente controlado en el Tratamiento 5*

	
Hora 0	4 horas
	
Hora 0	8 horas


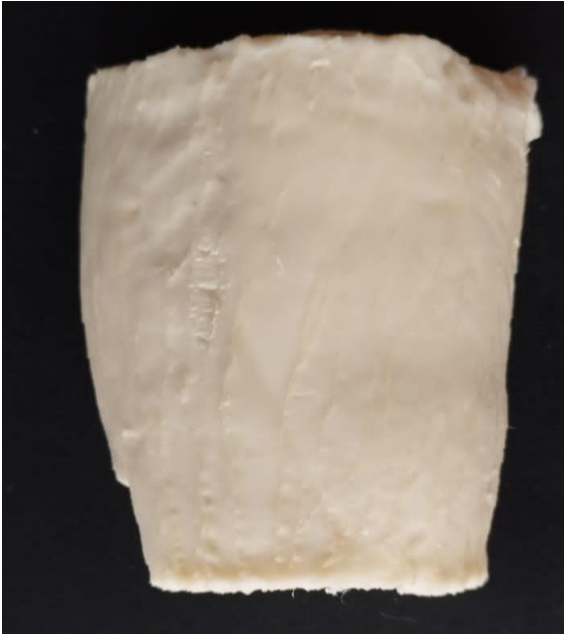


**Anexo 15**

*Resultados posteriores a las 4 horas y 8 horas de ambiente controlado en el Tratamiento 6.*

	
Hora 0	4 horas
	
Hora 0	8 horas

**Anexo 16**

*Resultados posteriores a las 4 horas y 8 horas de ambiente controlado en el Tratamiento 7.*

	
Hora 0	4 horas
	
Hora 0	8 horas





**Anexo 17**

*Resultados posteriores a las 4 horas y 8 horas de ambiente controlado en el Tratamiento 8.*

	
Hora 0	4 horas
	
Hora 0	8 horas





**Anexo 18**

*Resultados posteriores a las 4 horas y 8 horas de ambiente controlado en el Tratamiento 9.*

	
Hora 0	4 horas
	
Hora 0	8 horas





**Anexo 19**

*Resultados posteriores a las 4 horas y 8 horas de ambiente controlado en el Tratamiento 10.*

	
Hora 0	4 horas
	
Hora 0	8 horas





**Anexo 20**

*Resultados posteriores a las 4 horas y 8 horas de ambiente controlado en el Tratamiento II.*

	
Hora 0	4 horas
	
Hora 0	8 horas

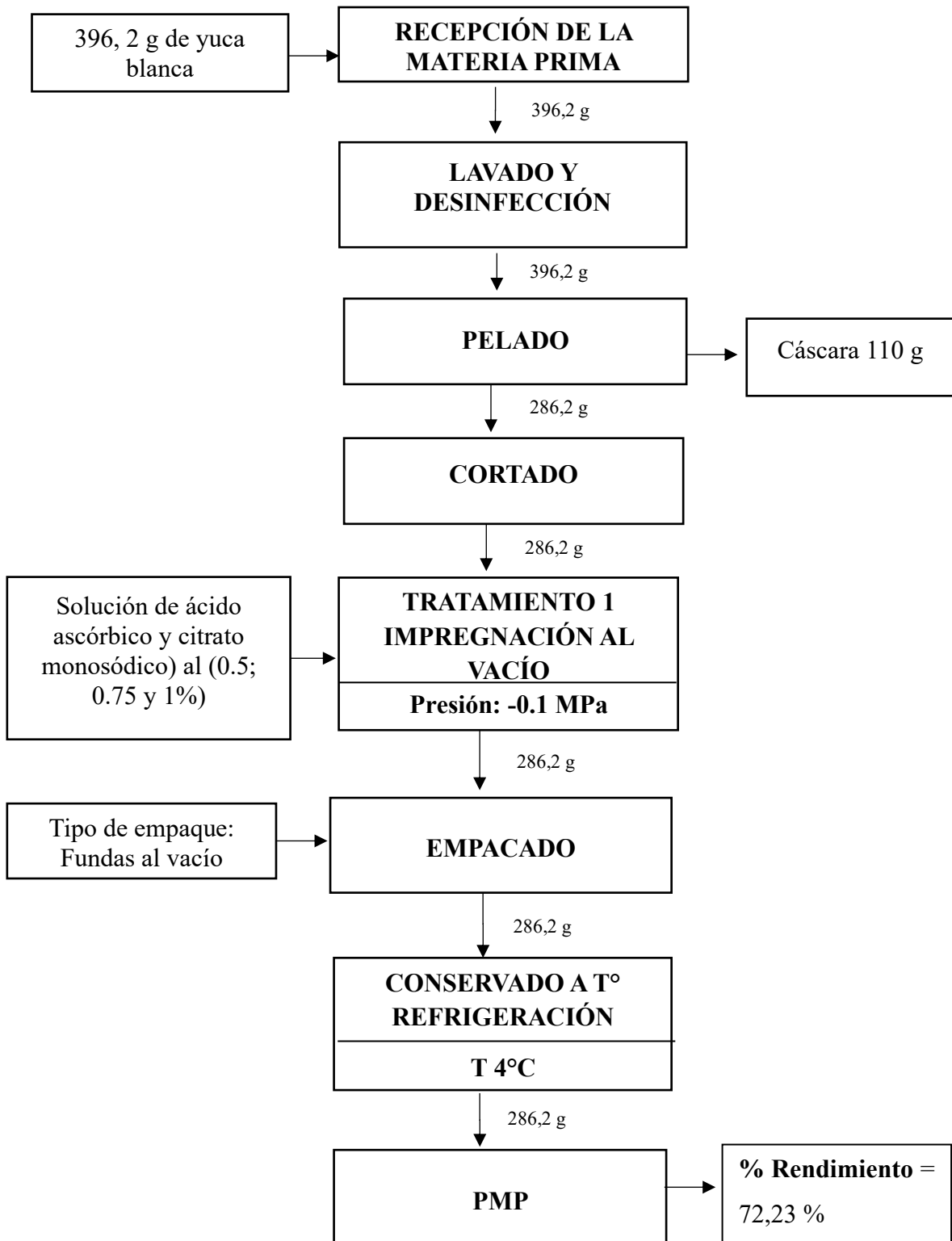
**Anexo 21**

*Resultados posteriores a las 4 horas y 8 horas de ambiente controlado en el Tratamiento 12.*

	
Hora 0	4 horas
	
Hora 0	8 horas

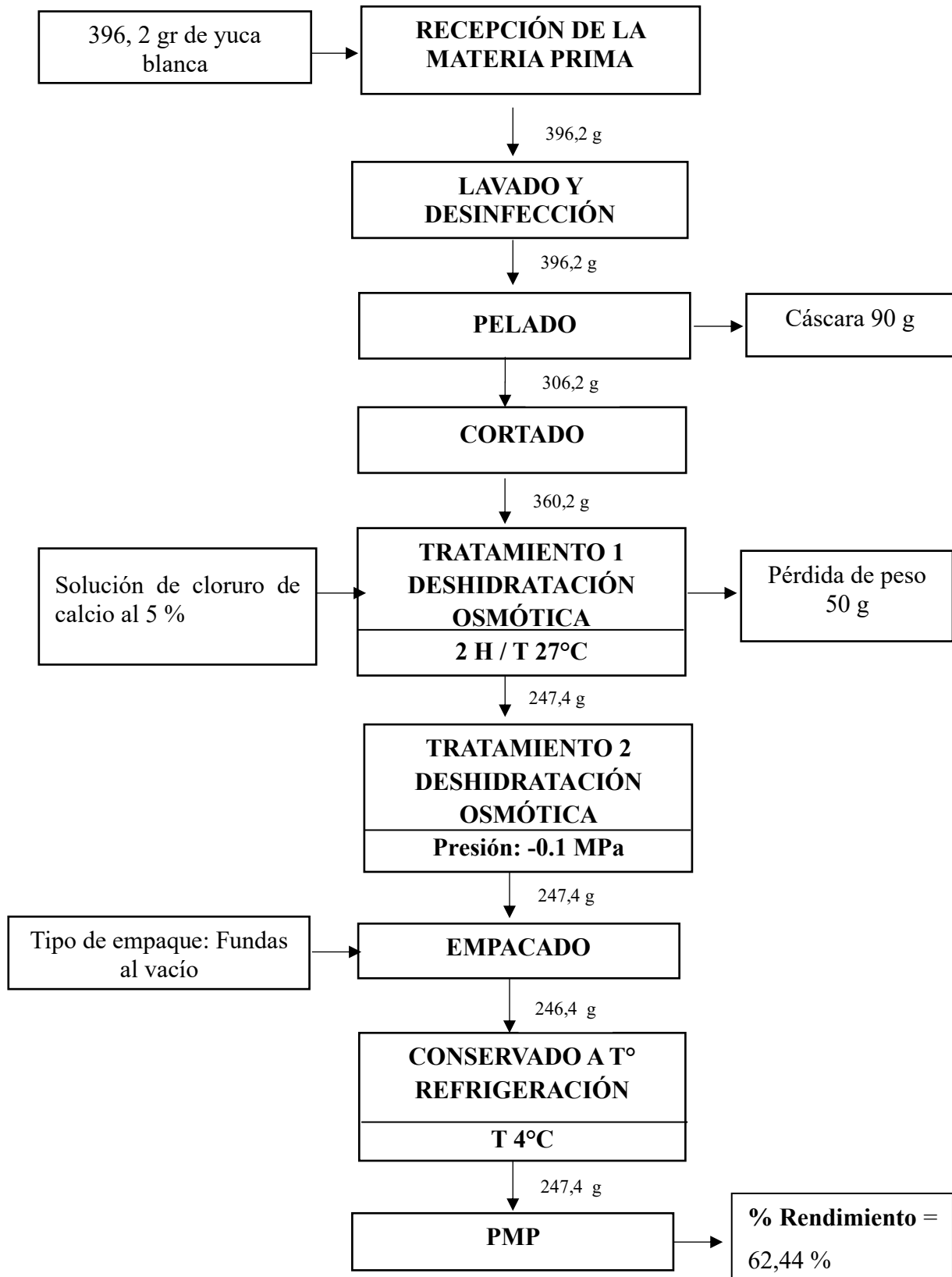
## Anexo 22

Balance de masa de la yuca mínimamente procesada empleando impregnación al vacío.



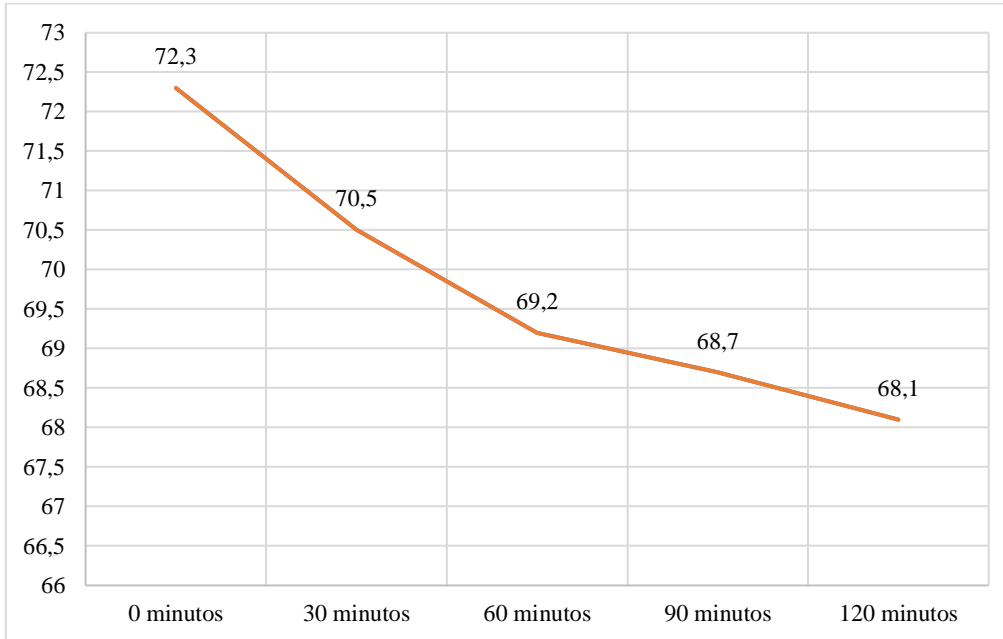
### Anexo 23

Balance de masa de la yuca mínimamente procesada empleando deshidratación osmótica + impregnación al vacío.



## Anexo 24

*Pérdida de peso por deshidratación osmótica.*



Tiempo (min)	Peso (g)	Pérdida de peso (%)
0 minutos	72,3	0,00
30 minutos	70,5	2,49
60 minutos	69,2	1,84
90 minutos	68,7	0,72
120 minutos	68,1	0,87
Total de pérdida de peso	4,20	5,93

## Anexo 25

*Costos de producción en el producto mínimamente procesado*

### Costos de materiales directos utilizados en el proceso

Descripción	Unidad	Cantidad	Valor unitario (\$)	Valor Total (\$)
Yuca blanca	Kg	396,2	2,00	0,79
Ácido ascórbico	Kg	20 g	12,00	0,24
Citrato monosódico	Kg	20 g	13,00	0,24
Cloruro de calcio al 5%	L	0,75 l	10,00	7,50
Total				8,77

**Materiales indirectos utilizados en el proceso**

Descripción	Cantidad	Valor unitario (\$)	Valor Total (\$)
Cuchillo	1	2,00	2,00
Bandejas de aluminio	36	0,60	21,60
Empaques al vacío	50	0,15	7,50
Platos desechables	100	0,03	3,00
Galón de agua	2	1,00	2,00
Alcohol antiséptico	100	1,00	1,00
Servilletas	200	0,01	2,00
Toallas absorbentes	4	2,50	10,00
Cartulina	10	0,10	1,00
Papel filtro de baja porosidad	2	1,00	2,00
Papel filtro de alta porosidad	1	24,00	24,00
Total			74,10

**Costos de mano de obra directa**

Detalle	Cantidad	Descripción	Costo/hora	Costo Total
Operario	1	Operario/ 8 horas de trabajo	2,00	16,00
Total				16,00

**Descripción de costos totales**

Descripción	Valor total
Materiales directos	8,77
Materiales indirectos	74,10
Mano de obra directa	16,00
<b>SUMATORIA</b>	<b>98,87</b>