# UNIVERSIDAD NACIONAL INTERCULTURAL DE LA AMAZONIA

## FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AMBIENTALES

## CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

**TESIS**

---

# 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

---


**INVESTIGADOR CAMPOS**

**MARTIN, TONY BRAEN**


**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AGROINDUSTRIAL**


**ASESOR**

**ING. CALEB LEANDRO LAGUNA**



**YARINACOCHA – PERU**

**2014**

## *DEDICATORIA*

*De forma muy especial a mis padres por su apoyo y confianza y a todas las personas que día a día se esfuerzan por seguir adelante y así poder lograr sus objetivos.*

# AGRADECIMIENTO

A Dios, por divina misericordia, su fuerte presencia y bendiciones en los momentos difíciles de mi vida.

A mis padres, por el apoyo, comprensión, fortaleza en cada momento de mi vida.

A mi asesor, Ing. Caleb Leandro Laguna por la amistad, confianza, respeto y principalmente por sus enseñanzas y asesoría académica.

Al Ing. Robert Pecho por su confianza, amistad, colaboración y por su acogida en su laboratorio y la utilización de los equipos y materiales que fueron de gran utilidad para llevar a cabo este trabajo.

A los Blogs Joaquín Vertiz Osores, Ricardo Oliva, Paul Muro, Robert Cucho por su amistad y colaboración en esta investigación.

A la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonia, Facultad de Ingeniería y Ciencias Ambientales, Carrera Profesional de Ingeniería Agroindustrial, por brindarme los conocimientos tecnológicos y valores para mi formación como profesional y ser humano.

A mis amigos, por el apoyo moral y así llegar a culminar satisfactoriamente este trabajo de investigación.

A todos que directamente e indirectamente contribuyeron para la realización de este trabajo de investigación, mis gratitud y reconocimientos

# INDICE

**CAPITULO I**


1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA……..… 17

1.1 Descripción de la situación problemática……. 17

1.2 Formulación del problema……. 17

1.3 Objetivos de la investigación…… 18

1.3.1 Objetivo general…… 18

1.3.2 Objetivos específicos……. 18

1.4 Justificación del estudio…… 18

1.5 Limitaciones de la investigación…….. 19


**CAPITULO II**


2. MARCO TEORICO……..... 20

2.1 Antecedentes del problema……..…… 20

2.2 Bases teóricas……..…….. 26

2.2.1 Yuca (*Manihot esculenta* Crantz)……..…… 26

Origen y clasificación botánica……..……. 26

*Variedad hoja morada (Yuca blanca)*…… 26

Sistemas de propagación…….. 27

Cosecha y recolección…… 27

Rendimiento y estacionalidad agrícola…… 28

Importancia del producto…… 28

Propiedades químicas de la yuca……. 29

Propiedades nutritivas……. 30

Usos de la yuca…… 30

2.2.2 Vegetales mínimamente procesados…… 31

Características de los PMP…… 31

Calidad de los productos mínimamente procesados…… 33

Etapas del procesamiento mínimo……..….. 33

Influencia del procesamiento mínimo sobre el metabolismo respiratorio……..... 35

*Respiración y temperatura……...* 36

*Acción enzimática……..* 37

*Oscurecimiento enzimático…….……* 38

*Ácido cítrico como agente inhibidor del oscurecimiento enzimático……...*

*Atributos de textura y color……...* 39

Embalajes para productos mínimamente procesados……..…. 40

2.3 Definición de términos básicos…….…… 42

2.4 Hipótesis……...… 44

2.5 Variables……...… 45

2.5.1 Variable dependiente…….…... 45

2.5.2 Variable independiente…….…... 45

2.5.3 Variables intervinientes…… 45

**CAPITULO III**

3. METODOLOGIA…… 46

3.1 Tipo y nivel de investigación……...….. 46

3.2 Método de la investigación…….……...…… 46

3.2.1 Lugar de ejecución…….…….…….. 46

3.2.2 Materia en estudio…….…… 47

3.2.3 Preparación de la muestra…….. 47

3.2.4 Análisis fisicoquímicos……..…….. 47

Determinación de pH…….……. 47

Determinación de la acidez titulable…….…… 49

Determinación de pérdida de peso…….….. 49

Determinación de color……..…….. 50

3.2.5 Análisis sensorial…….…… 51

3.3 Diseño de la investigación…….…… 52

3.4 Población y muestra……..……...…….. 53

3.4.1 Población…….…….. 53

3.4.2 Muestra……... 53

3.5 Descripción de técnicas e instrumentos de recolección de datos…….... 53

3.5.1 Técnicas de recolección de datos……..… 53

3.5.2 Instrumentos de recolección de datos…….. 53

3.6 Tratamiento estadístico……... 54

3.6.1 Diseño experimental…….…. 55

Análisis fisicoquímicos……..…….. 55

Análisis sensorial…….……. 55

3.6.2 Modelo lineal aditivo…….… 55

Análisis fisicoquímicos…….……..….. 55

Análisis sensorial…….…. 55

**CAPITULO IV**

4. RESULTADO Y DISCUSION…….…... 57

4.1 Confiabilidad y validez de instrumentos……..…. 57

4.1.1 Confiabilidad de instrumentos…… 57

4.1.2 Validez de instrumentos……..…….... 58

4.2 Técnicas estadísticas para el procedimiento de la información…….. 58

4.2.1 Análisis fisicoquímico…….…….. 58

Determinación del pH…….……. 58

Determinación del porcentaje de acidez……..……. 61

Pérdida de peso……..…….. 63

Determinación del parámetro color…….…….. 65

*Parámetro Luminosidad (L*)…….…….…….. 65*

*Parámetro o coordenada a*……..…….…….. 67*

*Parámetro o coordenada b*……..……..….. 69*

*Parámetro Croma (C*)……..…… 71*

*Parámetro Hunter (Hue°)……..…… 73*

4.2.2 Análisis sensorial…….. 74

Atributo color……..…… 74

Atributo sabor……..….. 75
Atributo textura…….……. 77
Atributo olor…….…….. 78
Atributo apariencia general…….…… 79
4.3 Prueba de hipótesis……..…….……. 80
CONCLUSIONES…….…….. 84
SUGERENCIAS…….…. 85
REFERENCIAS…….…. 86
ANEXOS……..…. 87
1. Matriz de correlación…….……..… 88
2. Matriz de operacionalización de variables……..……..... 89
3. Instrumentos de investigación…….. 90
4. Otras evidencias de la investigación……... 91

**INDICE DE CUADRO**


| | | |
|---|---|---|
| Cuadro 1. | Composición nutricional de la yuca blanca……..…….…… | 29 |
| Cuadro 2. | Características de permeabilidad de varios filmes termoplásticos con potencial de uso para productos mínimamente procesados.…….……..…… | 41 |
| Cuadro 3. | Evaluación de las características fisicoquímicas de la yuca blanca mínimamente procesada en diferentes tratamientos con ácido cítrico…..... | 54 |
| Cuadro 4. | Evaluación de las características sensoriales de la yuca blanca mínimamente procesada en diferentes tratamientos con ácido cítrico…..... | 54 |
| Cuadro 5. | Análisis de varianza (ANVA) para las características fisicoquímicas de la yuca MP durante el almacenamiento……..……...… | 56 |
| Cuadro 6. | Análisis de varianza (ANVA) para las características sensoriales de la yuca MP durante el almacenamiento…….. | 56 |
| Cuadro 7. | Estimación de los coeficientes de confiabilidad en las mediciones……..….... | 57 |
| Cuadro 8. | Variación del pH en yuca mínimamente procesada, almacenada en refrigeración (4°±1C)…….……..…..…… | 59 |
| Cuadro 9. | Variación del porcentaje de acidez en yuca mínimamente procesada, almacenada en refrigeración (4°±1C)…….…… | 61 |
| Cuadro 10. | Pérdida de peso (g) en yuca mínimamente procesada, almacenada en refrigeración (4°±1C)…….…… | 63 |
| Cuadro 11. | Variación del parámetro L* en yuca mínimamente procesadas almacenadas en refrigeración (4°±1C)……... | 65 |
| Cuadro 12. | Variación del parámetro a* en yuca mínimamente procesadas almacenadas en refrigeración (4°±1C)…….……... | 68 |
| Cuadro 13. | Variación del parámetro b* en yuca mínimamente procesadas almacenadas en refrigeración (4°±1C)…….……... | 70 |
| Cuadro 14. | Variación del croma (C) en yuca mínimamente procesadas almacenadas en refrigeración (4°±1C)……..... | 72 |
| Cuadro 15. | Variación del parámetro Hue° en yuca mínimamente procesadas almacenadas en refrigeración (4°±1C)……..…….…….. | 73 |
| Cuadro 16. | Rango de preferencia en atributo color en la yuca mínimamente procesada, almacenada a refrigeración (4°±1C)……...…….…….. | 74 |
| Cuadro 17. | Rango de preferencia en atributo sabor en la yuca mínimamente procesada, almacenada a refrigeración (4°±1C)……..…….. | 76 |
| Cuadro 18. | Rango de preferencia en atributo textura en la yuca mínimamente procesada, almacenada a refrigeración (4°±1C)……..…….…….. | 77 |

Cuadro 19. Rango de preferencia en atributo olor en la yuca mínimamente procesada, almacenada a refrigeración (4°±1C)……..…….…….. 78
Cuadro 20. Rango de preferencia en atributo de apariencia general en la yuca mínimamente procesada, almacenada a refrigeración (4°±1C)…… 79
Cuadro 21. ANVA para el contraste de hipótesis en el análisis fisicoquímico de la yuca mínimamente procesada sometida a diferentes tratamientos con ácido cítrico……. 81
Cuadro 22. ANVA para el contraste de hipótesis en el análisis sensorial de la yuca mínimamente procesada sometida a diferentes tratamientos con ácido cítrico…….……. 83
Cuadro 23. Análisis de variancia para el parámetro pH en la yuca mínimamente procesada, almacenada en refrigeración (4°±1C)…….……..…… 111
Cuadro 24. Análisis de variancia para el porcentaje de acidez en la yuca mínimamente procesada, almacenada en refrigeración (4°±1C)…….. 111
Cuadro 25. Análisis de variancia para la pérdida de peso en la yuca mínimamente procesada, almacenada en refrigeración (4°±1C)…….……...… 111
Cuadro 26. Análisis de variancia para el parámetro L* en la yuca mínimamente procesada, almacenada en refrigeración (4°±1C)…….……..…….. 112
Cuadro 27. Análisis de variancia para el parámetro a* en la yuca mínimamente procesada, almacenada en refrigeración (4°±1C)…….……..……...… 112
Cuadro 28. Análisis de variancia para el parámetro b* en la yuca mínimamente procesada, almacenada en refrigeración (4°±1C)…… 112
Cuadro 29. Análisis de variancia para el parámetro croma (C) en la yuca mínimamente procesada, almacenada en refrigeración (4°±1C)……...….. 113
Cuadro 30. Análisis de variancia para el parámetro Hue° (H) en la yuca mínimamente procesada, almacenada en refrigeración (4°±1C)…….. 113
Cuadro 31. ANOVA en el análisis sensorial de atributo color en la yuca mínimamente procesada, almacenada en refrigeración (4°±1C)…….…..….... 113
Cuadro 32. ANOVA en el análisis sensorial de atributo sabor en la yuca mínimamente procesada, almacenada en refrigeración (4°±1C)……... 114
Cuadro 33. ANOVA en el análisis sensorial de atributo textura en la yuca mínimamente procesada, almacenada en refrigeración (4°±1C)……..……. 114
Cuadro 34. ANOVA en el análisis sensorial de atributo olor en la yuca mínimamente procesada, almacenada en refrigeración (4°±1C)……..…. 114
Cuadro 35. ANOVA en el análisis sensorial de atributo apariencia general en la yuca mínimamente procesada, almacenada en refrigeración (4°±1C)…… 114
Cuadro 36. Prueba de comparación de medias en la determinación del pH en la yuca mininamente procesada sometida a diferentes tratamientos con ácido cítrico... 115

Cuadro 37. Prueba de comparación de medias en la determinación de la pérdida de peso en la yuca mininamente procesada sometida a diferentes tratamientos con ácido cítrico……..……..…… 116
Cuadro 38. Prueba de comparación de medias en la determinación del parámetro L* en la yuca mininamente procesada sometida a diferentes tratamientos con ácido cítrico…….……...……... 117
Cuadro 39. Prueba de comparación de medias en la determinación del parámetro b* en la yuca mininamente procesada sometida a diferentes tratamientos con ácido cítrico……..……..……... 118
Cuadro 40. Prueba de comparación de medias en la determinación del parámetro croma en la yuca mininamente procesada sometida a diferentes tratamientos con ácido cítrico……...……..…….. 119
Cuadro 41. Comparaciones múltiples del atributo color con diferentes tratamientos……. 120
Cuadro 42. Comparaciones múltiples del atributo sabor con diferentes tratamientos…….. 121
Cuadro 43. Comparaciones múltiples en atributo olor con diferentes tratamientos……... 122
Cuadro 44. Interpretación de la confiabilidad de un instrumento……..……. 123
Cuadro 45. Estimación del coeficiente de confiabilidad la medición con el equipo colorímetro……..……..…….. 123
Cuadro 46. Estimación del coeficiente de confiabilidad en la medición con el equipo pH-metro……..…… 123

**INDICE DE FIGURAS**


Figura 1. Diagrama de flujo para el procesamiento mínimo de la yuca blanca sometidos a diferentes concentraciones de ácido cítrico……..…….. 47

Figura 2. Espacio CIEL*a*b*……..…….……. 51

Figura 3. Diseño de la investigación……..…..……... 52

Figura 4. Variación del pH en la yuca mínimamente procesada a diferentes tratamientos con ácido cítrico durante el almacenamiento en refrigeración (4°±1C)…….. 60

Figura 5. Variación del porcentaje de acidez en la yuca mínimamente procesada a diferentes tratamientos con ácido cítrico durante el almacenamiento en refrigeración (4°±1C)……..…… 62

Figura 6. Variación del peso en la yuca mínimamente procesada a diferentes tratamientos con ácido cítrico durante el almacenamiento en refrigeración (4°±1C)……..……..…… 64

Figura 7. Variación del parámetro L* en la yuca mínimamente procesada a diferentes tratamientos con ácido cítrico durante el almacenamiento en refrigeración (4°±1C)……..…….. 67

Figura 8. Variación del parámetro a* en la yuca mínimamente procesada a diferentes tratamientos con ácido cítrico durante el almacenamiento en refrigeración (4°±1C)…….…… 69

Figura 9. Variación del parámetro b* en la yuca mínimamente procesada a diferentes tratamientos con ácido cítrico durante el almacenamiento en refrigeración (4°±1C)……..…… 71

Figura 10. Variación del pH en el tratamiento T1 de la yuca mínimamente procesada durante el almacenamiento en refrigeración (4°±1C)……..……..…….. 96

Figura 11. Variación del porcentaje de acidez en el tratamiento T1 de la yuca mínimamente procesada durante el almacenamiento en refrigeración (4°±1C).. 96

Figura 12. Variación del peso en el tratamiento T1 de la yuca mínimamente procesada durante el almacenamiento en refrigeración (4°±1C)……..…… 97

Figura 13. Variación del parámetro L* en el tratamiento T1 de la yuca mínimamente procesada durante el almacenamiento en refrigeración (4±1°C)…….……. 97

Figura 14. Variación del parámetro a* en el tratamiento T1 de la yuca mínimamente procesada durante el almacenamiento en refrigeración (4±1°C)…… 98

Figura 15. Variación del parámetro b* en el tratamiento T1 de la yuca mínimamente procesada durante el almacenamiento en refrigeración (4±1°C)……..…..…… 98

Figura 16. Variación del pH en el tratamiento T2 de la yuca mínimamente procesada durante el almacenamiento en refrigeración (4°±1C)……..…. 99

Figura 17. Variación del porcentaje de acidez en el tratamiento T2 de la yuca mínimamente procesada durante el almacenamiento en refrigeración (4°±1C).. 99

Figura 18. Variación del peso en el tratamiento T2 de la yuca mínimamente procesada durante el almacenamiento en refrigeración (4°±1C)…… 100
Figura 19. Variación del parámetro L* en el tratamiento T2 de la yuca mínimamente procesada durante el almacenamiento en refrigeración (4±1°C)……... 100
Figura 20. Variación del parámetro a* en el tratamiento T2 de la yuca mínimamente procesada durante el almacenamiento en refrigeración (4±1°C)…… 101
Figura 21. Variación del parámetro b* en el tratamiento T2 de la yuca mínimamente procesada durante el almacenamiento en refrigeración (4±1°C)…….…… 101
Figura 22. Variación del pH en el tratamiento T3 de la yuca mínimamente procesada durante el almacenamiento en refrigeración (4°±1C)…….……..…..…. 102
Figura 23. Variación del porcentaje de acidez en el tratamiento T3 de la yuca mínimamente procesada durante el almacenamiento en refrigeración (4±1°C).. 102
Figura 24. Variación del peso en el tratamiento T3 de la yuca mínimamente procesada durante el almacenamiento en refrigeración (4°±1C)……..…. 103
Figura 25. Variación del parámetro L* en el tratamiento T3 de la yuca mínimamente procesada durante el almacenamiento en refrigeración (4±1°C)…….…… 103
Figura 26. Variación del parámetro a* en el tratamiento T3 de la yuca mínimamente procesada durante el almacenamiento en refrigeración (4±1°C)…….…… 104
Figura 27. Variación del parámetro b* en el tratamiento T3 de la yuca mínimamente procesada durante el almacenamiento en refrigeración (4±1°C)…… 104
Figura 28. Variación del pH del tratamiento T4 en la yuca mínimamente procesada durante el almacenamiento en refrigeración (4°±1C)……..……..…….. 105
Figura 29. Variación del porcentaje de acidez en el tratamiento T4 de la yuca mínimamente procesada durante el almacenamiento en refrigeración (4°±1C).. 105
Figura 30. Variación del peso en el tratamiento T4 de la mínimamente procesada durante el almacenamiento en refrigeración (4°±1C)…….. 106
Figura 31. Variación del parámetro L* en el tratamiento T4 de la yuca mínimamente procesada durante el almacenamiento en refrigeración (4±1°C)…….…… 106
Figura 32. Variación del parámetro a* en el tratamiento T4 de la yuca mínimamente procesada durante el almacenamiento en refrigeración (4±1°C)…….. 107
Figura 33. Variación del parámetro b* en el tratamiento T4 de la yuca mínimamente procesada durante el almacenamiento en refrigeración (4±1°C)…….…. 107
Figura 34. Variación del pH del tratamiento T5 en la yuca mínimamente procesada durante el almacenamiento en refrigeración (4°±1C)…….. 108
Figura 35. Variación del porcentaje de acidez del tratamiento T5 en la yuca mínimamente procesada durante el almacenamiento en refrigeración (4°±1C)…… 108
Figura 36. Variación del peso del tratamiento T5 en la yuca mínimamente procesada durante el almacenamiento en refrigeración (4±1°C)…….…….…. 109
Figura 37. Variación del parámetro L* del tratamiento T5 en la yuca mínimamente procesada durante el almacenamiento en refrigeración (4°±1C)……..……. 109

Figura 38. Variación del parámetro a* del tratamiento T5 en la yuca mínimamente procesada durante el almacenamiento en refrigeración (4°±1C)…. 110
Figura 39. Variación del parámetro b* del tratamiento T5 en la yuca mínimamente procesada durante el almacenamiento en refrigeración (4°±1C)…. 110
Figura 40. Recepción de materia prima…... 124
Figura 41. Selección y clasificación de la materia prima…… 124
Figura 42. Lavado y enjuague de la materia prima…….. 125
Figura 43. Sanitización a 200 ppm…… 125
Figura 44. Pelado y cortado…… 126
Figura 45. Sanitización a 100 ppm……... 126
Figura 46. Inmersión en ácido cítrico……. 127
Figura 47. Envasado y almacenado…… 127
Figura 48. Medición del color y del pH…… 128
Figura 49. Determinación del porcentaje de acidez……. 128
Figura 50. Análisis sensorial en yuca mínimamente procesada…….. 129
Figura 51. Variación del color en el tratamiento T1 de la yuca mínimamente procesada, almacenada en refrigeración (4°±1C)…… 130
Figura 52. Variación del color en el tratamiento T2 de la yuca mínimamente procesada, almacenada en refrigeración (4°±1C)…….. 131
Figura 53. Variación del color en el tratamiento T3 de la yuca mínimamente procesada, almacenada en refrigeración (4°±1C)…….. 132
Figura 54. Variación del color en el tratamiento T4 de la yuca mínimamente procesada, almacenada en refrigeración (4°±1C)…….. 133
Figura 55. Variación del color en el tratamiento T5 de la yuca mínimamente procesada, almacenada en refrigeración (4°±1C)…….. 134
Figura 56. Variación de la estructura anatómica en el tratamiento T1 de la yuca mínimamente procesada almacenada en refrigeración (4°±1C)……... 135
Figura 57. Variación de la estructura anatómica en el tratamiento T2 de la yuca mínimamente procesada almacenada en refrigeración (4°±1C)……... 136
Figura 58. Variación de la estructura anatómica en el tratamiento T3 de la yuca mínimamente procesada almacenada en refrigeración (4°±1C)…….. 137
Figura 59. Variación de la estructura anatómica en el tratamiento T4 de la yuca mínimamente procesada almacenada en refrigeración (4°±1C)…….. 138
Figura 60. Variación de la estructura anatómica de la yuca en el tratamiento T5 de la yuca mínimamente procesada almacenada en refrigeración (4±1°C)..……. 139

# INTRODUCCIÓN

Las raíces de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) es una de las principales plantas alimenticias cultivadas en la Amazonia, es un alimento energético importante en la alimentación y en la industria. La producción de yuca en la región de Ucayali es de 11073 Tm anuales, con un promedio de 13,91 Tm por hectárea (MINAGRI, 2013).

Las raíces de yuca *in natura* son cada vez menos frecuentes en mercados y supermercados de grandes ciudades. El aspecto visual de estas no atraen a los consumidores debido a la tierra adherida, variación de tamaño y rápida deterioración. (HENRIQUE, 2010). Por tal motivo los productos mínimamente procesados se han convertido cada vez más populares por la conveniencia, por los beneficios de un producto natural fresco, calidad del producto, por ser embalado en pequeñas cantidades y, principalmente por estar listos para el consumo.

Las raíces de yuca, después de la cosecha, presentan alta Peresibilidad, que ha sido una preocupación para los productores y las industrias, debido al corto periodo de conservación de estas. El oscurecimiento enzimático de las raíces de la yuca es un factor importante a ser considerado en el procesamiento de la yuca, esto puede ser evitado o minimizado con la aplicación de tratamientos con antioxidantes como ácidos orgánicos y/o blanqueamiento. Dentro de los antioxidantes más utilizados se destacan los ácidos cítrico y ascórbico, por su disponibilidad en el mercado y también, por su amplio uso en la industria alimentaria (HENRIQUE, 2010). Debido a la importancia de mejorar la conservación de las raíces de yuca y buscando aumentar su vida útil, el presente trabajo tuvo como objetivo, conocer el efecto del ácido cítrico en la inhibición del oscurecimiento enzimático en la yuca mínimamente procesada, envasadas en bandejas de poliestireno (PS) envueltas con películas PVC y almacenada en refrigeración.

## RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo conocer el efecto del ácido cítrico en la inhibición del oscurecimiento enzimático de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) mínimamente procesada. Yucas enteras previamente sanitizadas y descascaradas fueron cortadas en porciones de aproximadamente 9 cm de longitud. Los trozos de yuca se sanitizaron y sometieron a inmersión por 1 minuto en soluciones de ácido cítrico: 0,0; 0,3; 0,6; 0,9 y 1,2 %. A continuación, se drenó el líquido sobrante y fueron acondicionadas en bandejas de poliestireno (PS) recubierta con película de PVC estirable y almacenadas en refrigeración (4±1°C) por 5 días. En los intervalos de 0, 1, 2, 3, 4, y 5 días de almacenamiento se evaluaron los parámetros fisicoquímicos (pH, Acidez titulable, pérdida de peso, color L*a*b*, Croma y Hue°); las características sensoriales (color, sabor, textura, olor y apariencia general) se evaluó al quinto día. Para el análisis fisicoquímico se aplicó el diseño de bloques completamente al azar (DBCA) y para el análisis sensorial el diseño de bloques incompletos balanceados (DBIB), en ambos casos el nivel de significación fue de 0,05. El pH se incrementó durante el periodo de almacenamiento en refrigeración, siendo el efecto altamente significativo de la concentración de ácido; la acidez titulable expresada como porcentaje de ácido cianhídrico no mostró diferencia significativa entre los tratamientos. La yuca MP pierde peso durante el almacenamiento en refrigeración. El cambio de coloración determinado por el método CIEL*a*b* en la yuca MP tratada al 1,2% de ácido cítrico mostraron menores valores en el parámetro L*, a*, b*, cromaticidad (C) y matriz de color (Hue°), esto generó la conservación del color durante el almacenamiento en refrigeración. En el análisis sensorial, el tratamiento con ácido cítrico a 1,2 %, obtuvo mayor preferencia en color (65,98%), sabor (64,31%), textura (63,60%), olor (70,33) y apariencia general (61,40%) por parte de los panelistas. La yuca MP que presentó mejor inhibición del oscurecimiento enzimático durante los cinco días de almacenamiento en refrigeración fue aquella sometida a inmersión en una solución de ácido cítrico al 1,2% durante 1 minuto.



**PALABRAS CLAVES:** Yuca, procesamiento mínimo, pardeamiento, ácido cítrico.

## ABSTRAC

The research aimed to determine the effect of citric acid in the inhibition of enzymatic browning of yuca (Manihot esculenta Crantz) minimally processed. Previously sanitized and unshelled whole Yucas were cut into portions of approximately 9 cm in length. Yucas chips are sanitized and subjected to immersion for 1 minute in citric acid solutions: 0.0; 0.3; 0.6; 0.9 and 1.2%. Then the excess liquid was drained and were packaged in trays of polystyrene (PS) film coated with PVC stretch and stored under refrigeration (4 ± 1 ° C) for 5 days. At intervals of 0, 1, 2, 3, 4, and 5 days of storage physicochemical parameters (pH, titratable acidity, weight loss, color L*, a*, b*, Chroma were evaluated and Hue °); sensory characteristics (color, flavor, texture, smell and general appearance) was evaluated on the fifth day. Physicochemical analysis for the design of randomized complete block (RCBD) and sensory analysis the balanced incomplete block design (DBIB) was applied in both cases the significance level was 0.05. The pH was increased during the storage period under refrigeration, being highly significant effect of the acid concentration; titratable acids expressed as a percentage of hydrogen cyanide showed no significant difference between treatments. Yuca minimally processed (MP) loses weight during refrigerated storage. The change of color determined by the method CIEL* a*b* in yuca MP treated with 1.2% citric acid showed lower values in the parameter L*, a*, b*, chroma (C) and color matrix (Hue °), this led to the preservation of color during refrigerated storage. In sensory analysis, treatment with 1.2% citric acid, color preference scored higher (65.98%), taste (64.31%), texture (63.60%), smell (70.33) and overall (61.40%) appearance by the panelists. Yuca MP being better inhibition of enzymatic browning during the five days of refrigerated storage that was subjected to immersion in a solution of 1.2% citric acid for 1 minute.



**KEYWORDS:** Yuca, minimal processing, browning, citric acid.

# CAPITULO I

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1 Descripción de la Situación Problemática

La yuca blanca es un cultivo tradicional en la Región Ucayali, con una producción de 11073 Tm anuales y un promedio de 13,91 Tm por hectárea (MINAGRI, 2013), desempeñando un papel importante en la alimentación en todas las edades de la población, es una de las mayores fuentes de carbohidrato y contenido nutricional moderado. La región presenta un clima tropical con temperaturas superiores a los 28 °C y una humedad relativa de 85% que puede ser aprovechado para la producción de yuca blanca en grandes cantidades.

Actualmente existe una gran tendencia por el consumo de alimentos mínimamente procesados (MP), debido a sus características naturales, la reducción de espacio en el almacenamiento, disminuye el tiempo de preparación y sobre todo es un alimento seguro en términos alimentarios y saludables para los consumidores, adoptando nuevas modalidades en el cambio del consumo de alimentos. El gran problema durante el almacenamiento de estos productos, es la pérdida de las características fisicoquímicas por lo tanto la utilización de aditivos como el ácido cítrico es un método de conservación que nos permite inhibir las reacciones enzimáticas, obteniendo una mejor presentación, manteniendo la calidad y garantizando la vida útil del producto. Por lo tanto el procesamiento mínimo de frutas y hortalizas es una tecnología alternativa para la reducción de pérdidas post cosecha de los productos perecibles, contribuyendo así con el desarrollo de la agroindustria en el país.

## 1.2 Formulación Del Problema

¿Cuál es el efecto del ácido cítrico en la inhibición del oscurecimiento enzimático de la yuca blanca (*Manihot esculenta* Crantz) mínimamente procesada, envasada y almacenada en refrigeración?

## 1.3 Objetivos de la Investigación

### 1.3.1 Objetivo General

Evaluar el efecto del ácido cítrico en la inhibición del oscurecimiento enzimático de la yuca blanca (*Manihot esculenta* Crantz) mínimamente procesada envasada y almacenada en refrigeración.

### 1.3.2 Objetivos Específicos

Determinar las características fisicoquímicas (pH, Acidez titulable, Pérdida de peso y Color) de la yuca blanca mínimamente procesada, en refrigeración (4±1°C).

Determinar las características sensoriales (Color, Sabor Textura, Olor y Apariencia general) de la yuca blanca mínimamente procesada, en refrigeración (4±1°C).

Determinar el porcentaje de concentración optima de ácido cítrico que inhibe el oscurecimiento enzimático de la yuca blanca mínimamente procesada, en refrigeración (4±1°C).

## 1.4 Justificación e importancia del estudio

Actualmente la yuca es una de las mayores fuentes de carbohidratos que consume una gran parte de la región. Sus raíces, tanto frescas como secas, se emplean en la alimentación humana y animal, vislumbrándose un importante potencial agroindustrial. Por lo tanto el presente trabajo tiene como finalidad fomentar su producción y transformación en el departamento de Ucayali, contribuyendo en el desarrollo industrial de ésta, siendo el efecto inmediato sobre el valor agregado de la producción y la creación de fuentes de trabajo.

Con el presente estudio se pretende resaltar la importancia de los productos mínimamente procesados, 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 importancia del desarrollo de estos nuevos productos es conseguir procesos novedosos o estrategias de conservación que permitan la obtención de alimentos seguros con sus propiedades nutricionales y características benéficas para la salud, poco modificadas y, sobretodo, más confiable del punto de vista de la seguridad alimentaria. Las exigencias del mercado estarán volcadas para nuevos productos, más convenientes y seguros, con sabor y aroma preservados, similares a los productos comercializados en forma natural (VILAS *et al*., 2008).

Además los aportes tecnológicos que se obtendrán de este presente estudio serán de utilidad para el sector empresarial y para personas que decidan crear sus propios negocios a través de los productos mínimamente procesados, generando puestos de trabajos, promoviendo una nueva cultura en la comercialización de estos productos y promoviendo el desarrollo de la región.

## 1.5 Limitaciones de la investigación

El presente trabajo presentó limitaciones como:

La falta de laboratorio, específicamente para procesamientos de frutas y hortalizas.

Los laboratorios no presentaban las condiciones necesarias de infraestructura, higiene, agua y energía.

Los equipos o instrumentos para la realización de los análisis fisicoquímicos.

# CAPITULO II

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes de la investigación.

CATARINA, *et al.* (2011), Realizaron estudios en **"Procesamiento mínimo de papitas y yucas".** El objetivo de este trabajo fue evaluar las alteraciones químicas, físicas y microbiológicas en papitas y yucas procesadas mínimamente, con y sin antioxidante y embalada en diferentes films flexibles, en un total de 4 experimentos. Experimento N°1, papitas procesadas mínimamente en rodajas, inmersas en solución de 0,3% de ácido cítrico + 0,3% de ácido ascórbico, por 1 minuto, fueron embaladas en bandejas de isopor con PVC, BOPP/PE 60µ, PE 100µ, PP 50µ y Nylon-Poli 210µ. A excepción del PVC todas las demás sobre vacío. El experimento N°2, las papitas fueron cortadas en forma de palitos y embaladas en PVC y en Nylon-Poli 210µ, con y sin antioxidante. El Experimento N°3 siguió la misma tecnología del primero, con la diferencia de ser realizado con yucas, en forma cilíndrica de 10 cm, y la utilización de más de 2 embalajes de Nylon-Poli: 120 e 150µ. Y el Experimento N°4, yucas en formas cilíndrica fueron tratadas en soluciones a temperatura ambiente y a 5°C. El análisis de color (índice de oscurecimiento, L* e Hue), textura, pH, acidez e sólidos solubles fueron almacenadas a los 0, 3, 7, 10 e 14 días de almacenamiento. Los resultados indicaron que el mejor embalaje para las dos hortalizas fue el Nylon-Poli 210µ. El tratamiento con antioxidante es esencial para la conservación de la calidad de papitas y yucas y soluciones a temperatura ambiente para yuca contribuyen a un rápido oscurecimiento enzimático. En el experimento N°1, se observó mayor oscurecimiento y menores valores de Hue (H*) para el tratamiento control (bandeja de isopor cubierta con PVC) y el menor oscurecimiento y mayores valores de H* para las papas en rodajas embaladas en Nylon-Poli 210µ, con énfasis en el periodo 7 a 14 días de almacenamiento a 5°C. Los resultados indicaron que el mejor

embalaje para las dos hortalizas fue el Nylon-Poli 210µ. Láminas de cerámica, como la utilizada para las papitas en rodajas, evitaron el rápido oscurecimiento.

HENRIQUE (2010). **"Realizó estudios sobre alteraciones fisiológicas en raíces de yuca mínimamente procesadas".** El objetivo de esta investigación fue evaluar una tecnología para evitar el oscurecimiento enzimático y proporcionar aumento de la vida útil de estas raíces. Raíces de yuca de la variedad IAC 576-70 fueron sometidas a inmersión con soluciones de hipoclorito de sodio y otra con ácido cítrico a 5% para evitar el oscurecimiento y tratamientos con: cura, recubrimientos con films de almidón de yuca (3 a 5%. Se evaluó la acidez total titulable, pH y color (L, a, b). El parámetro a* presento reducción de su valor durante el almacenamiento, presentando valores negativos, en cuanto el croma b* presento valores positivos. Los valores de luminosidad (L) y el índice de oscurecimiento (IE) mostraron mejor intensificación del color oscuro en los tratamientos testigos (A y B), tratamiento a vacío (D), film a 3% (F) y film 5% sin vacío (H) y film 5% de glicerol con vacío (M). Las raíces embaladas a vacío fueron las que presentaron valores de pH más bajos entre los todos los tratamientos, siendo los tratamientos a vacío recubiertas con film de almidón a 3% (F) y film de almidón a 3% + glicerol 5% (J) fueron los que tuvieron menores valores de pH, con diferencia significativa a los demás tratamientos. Los tratamientos a vacío presentaron mayores valores de acidez durante el tiempo de evaluación. En estas condiciones es posible almacenarlas por 8 días en condiciones de ambiente, con embalaje a vacío, en el tratamientos con vacío, film recubierta con 3% de almidón y film 5% con glicerol, mostraron mejores resultados en los parámetros L*a*b* durante su almacenamiento, obteniendo valores de 81,4 a 79,8; de -1,2 a -0,3 y de 19,0 a 27,0 respectivamente y los peores resultados fueron todos los tratamientos sin vacío. Aparentemente el tratamiento con ácido cítrico a 5% no control**ó** el oscurecimiento de forma significativa, pero un estudio detallado de la aplicación de ácido cítrico en diversas concentraciones con otros antioxidantes debe ser realizado.

ALVES (2009). Realizo estudio en “**Deterioración post cosecha de la yuca mínimamente procesada**”. El objetivo de este trabajo fue evaluar los efectos físicos, fisiológicos y bioquímicos de las etapas del procesamiento mínimo, del uso de antioxidantes y embalajes sobre la deterioración fisiológica en raíces de mandioca, durante el periodo de conservación, visando prolongar la vida útil del producto final. Los antioxidantes ácido ascórbico y ácido cítrico proporcionaron mejor control en el desenvolvimiento de la deterioración fisiológica poscosecha en la concentración de 3% y, la combinación de ambos en la proporción de 2:1 presento efecto sinergia. El embalaje de polielefina multicapas (PLM) controlo el desenvolvimiento de deterioración fisiológica pos cosecha durante doce días de conservación. El embalaje de polipropileno (PP) mantuvo la yuca mínimamente procesada con buenas características organolépticas hasta los seis días de conservación, pudiendo ser usada en sustitución al vacío siempre que la que la cadena de frio pueda ser quebrada. El embalaje de PS + PVC fue la que presento mayor pérdida de masa en todos los tiempos de evaluación. Así mismo se observó que el pH aumento con el pasar del tiempo en los dos tratamientos y, también que en el tratamiento con antioxidante los valores del pH permanecieron siempre inferiores en relación al tratamiento sin antioxidante. El pH vario de 5,8 a 6,5 y 5,8 a 6,4 para los tratamientos sin y con antioxidante respectivamente, estando dentro del rango sugerido, pues el pH considerado adecuado para mantener la calidad de vegetales mínimamente procesado debe estar en el rango de 5 a 6,5. La combinación de los antioxidantes ácido ascórbico y ácido cítrico (3%) en la proporción 2:1 proporciono menores valores de pH, contenido de azucares solubles totales y reductores; actividad de las enzimas fenilalanina amonia liasa, polifenol oxidasa y peroxidasa, índice de oscurecimiento e incidencia de deterioración fisiológica pos cosecha y pseudomonas sp. Durante 6 y 12 días de conservación a 8 ± 2°C y 90 ± 5% HR.

CORNEJO, *et al.,* (2007), **evaluaron los métodos de inactivación enzimática en yuca *(Manihot esculenta Crantz*) mínimamente procesadas.** A partir de yucas enteras previamente sanitizadas y descascaradas se obtuvieron porciones de yuca de aproximadamente 4 cm de longitud las cuales fueron sanitizadas y, a continuación sometidas a inmersión en ácido cítrico y ácido ascórbico a 0,5; 0,7 y 0,9 % por 1 minuto y ácido cítrico 1% más ácido ascórbico 1% por 1 minuto. A continuación, fueron acondicionadas en bandejas de poliestireno (PS) recubierta con película de PVC estirable y almacenadas en refrigeración (4 ±1°C), por 5 días. En los intervalos de 0, 1, 2, 3, 4, y 5 días de almacenamiento, se evaluaron las características sensoriales (apariencia, color, aroma y textura), por un panel de 5 jueces previamente entrenados. Se verifico que la yuca sometida a tratamiento con ácido cítrico a 0.9 %, por 1 minuto, mantuvo sus características sensoriales por más tiempo. El método de inactivación enzimática utilizado permitió la obtención de yuca de buena calidad sensorial y de mayor vida útil.

FERREIRA, *et al*., (2007), **evaluaron los métodos de inactivación enzimática en yuca cacao mínimamente procesadas**. A partir de yucas enteras previamente sanitizadas y descascaradas se obtuvieron porciones de yuca de aproximadamente 4 cm de longitud las cuales fueron sanitizadas y, a continuación sometidas a inmersión en ácido cítrico y ácido ascórbico a 0,5; 0,7 y 0,9 % por 1 minuto y ácido cítrico 1% más ácido ascórbico 1% por 1 minuto. A continuación, fueron acondicionadas en bandejas de PS recubierta con película de PVC estirable y almacenadas en refrigeración (4 ±1°C), por 5 días. En los intervalos de 0, 1, 2, 3, 4, y 5 días de almacenamiento, se evaluaron las características sensoriales (apariencia, color, aroma y textura), por un panel de 5 jueces previamente entrenados. Se verifico que la yuca cacau sometida a tratamiento con ácido cítrico a 0.9 %, por 1 minuto, mantuvo sus características sensoriales por más tiempo. El método químico de inactivación enzimática utilizado preserva la calidad sensorial de esta raíz, prologando su periodo de conservación.

SILVA, *et al*., (2007), realizaron estudios sobre **"Influencia de soluciones conservante en la post cosecha yuquita-salsa"**. Para la conservación poscosecha se utilizaron raíces tuberosas de yuquita salsa en dos temperaturas a 5°C y al ambiente, previamente tratadas con 1,0% de HCL, 2% de bisulfito de sodio, 2% de ácido ascórbico, 2% de ácido cítrico y agua. Las raíces fueron sumergidas en las soluciones por un periodo de 30 minutos y secadas al aire. El almacenamiento a 5°C aumento la conservación de los atributos de calidad de la yuquita-salsa, hasta el 12° día. La aplicación de las sustancias fue eficaz en aumentar la conservación de las raíces y todos los tratamientos difirieron, significativamente, del tratamiento control. Al final de los 12 días de almacenamiento, la pérdida de masa fresca fue de 8,63% a 5°C. El porcentaje de acidez titulable expresada en ácido cianhídrico disminuye durante los 12 días almacenamiento. Las raíces se mostraron comerciables hasta el final del experimento. El análisis visual de las raíces mostró que 0,1% de HCL (5°C) fue más eficaz en la conservación de las raíces durante el periodo del experimento.

ALVES, *et al.,* (2004), realizó estudios en **"Alteraciones en la Calidad de raíces** (***Manihot esculenta*** **Crantz**), **Mínimamente Procesadas"**. El objetivo de este trabajo fue estudiar la conservación de las raíces de mandioca, sometida a higienización en agua clorada y almacenada en tres tipos de embalajes, bandejas de isopor envueltas con film de policlorato de vinilo (PVC), embalaje multicapa (poliéster Saram-13,5µ/polietileno-100µ) con y sin vacío y refrigeradas a (5 ± 0,5°C), mediante los análisis fisicoquímicos, microbiológicos, fisiológicas y sensoriales. La conservación de mandioca mínimamente procesada en refrigeración para los tratamientos realizados, es posible diferenciándose el periodo de almacenamiento, siendo que para las muestras almacenadas en bandeja, el periodo de almacenamiento fue de 7 días, en el sellado y vacío fue aproximadamente 24 días, respectivamente.

Observó el ligero aumento en el contenido de acidez en las raíces del tratamiento sellado hasta el día 7 y del tratamiento con vacío hasta el día 14 de almacenamiento, posiblemente esté relacionado al inicio del

proceso fermentativo. Al iniciar el decrecimiento de acidez en el tratamiento a vacío; el proceso fermentativo que producía ácido fue parcialmente inhibido, en consecuencia aumento el pH, en el tratamiento en bandejas cubiertas con film de PVC de 7,69 a 7,70 en 7 días de almacenamiento, después se observó deterioración fisiológica, en el tratamiento con vacío aumento de 6,96 a 8,37 en 24 días y en el tratamiento sellado disminuyó de 8,30 a 7,36, el aumento del pH posibilita el crecimiento de microorganismos posiblemente productores de gas, ocasionado en el embalaje perdida de vacío y el aparecimiento de deterioración fisiológica a partir de los 24 días de almacenamiento, demostrando variación significativa entre los tratamientos. Se verificaron que la flora microbiana deteriorante presente en las muestras sometidas a los tratamientos a vacío y sellado presentaron un número elevado de levaduras y psicrófilas a partir de 24 días de almacenamiento, de 105, 105 a 106 UFC/g. respectivamente. El tratamiento sellado presento un comportamiento ligeramente superior al tratamiento a vacío.

DA ROCHA (2007), realizó estudios en: **"Determinación de las características fisicoquímicas y calidad de batatas mínimamente procesadas sometidas a tratamientos con ácido cítrico y metabisulfito de sodio".** Que tuvo como objetivo de evaluar la influencia de tratamientos químicos, a través de la adición de aditivos, ácido cítrico a 2%, metabisulfito de sodio a 0,01% y la asociación de ácido cítrico (2%) + metabisulfito de sodio (0,01%), en batatas cultivar "monalisa", embaladas al vacío y almacenadas en refrigeración (4-6º c) por 13 días. los resultados demostraron que tubérculos de batata tratados con ácido cítrico a 2% y su asociación con metabisulfito de sodio a 0,01%, mantuvieron las características fisicoquímicos. La vida útil de batatas mínimamente procesadas oscilo en torno de 09 días de almacenamiento en refrigeración (4-6ºC), considerando el modelo de procesamiento industrial utilizado en la agroindustria.

## 2.2 Bases teóricas

### 2.2.1 Yuca (*Manihot esculenta* Crantz)

Es un arbusto perenne originario de Suramérica y actualmente difundido en zonas tropicales de cerca de 90 países de América, Asia y África. Las raíces son la principal parte comestible de esta planta, aunque su follaje se aprovecha para alimentación animal en algunas zonas y en África, se utiliza como verdura fresca para consumo humano. Este producto se transa en cuatro mercados según los usos principales del mismo: como raíz fresca y procesada para consumo humano, como insumo en la industria alimenticia, como materia prima en la industria productora de alimentos balanceados para animales y como producto intermedio en la industria no alimenticia (CEDEÑO Y MALDONADO, 2003).

**Origen y clasificación botánica**

La yuca también conocida como mandioca o Casava, es originaria de Sudamérica y difundida en la actualidad en zonas tropicales en América, Asia y África. La yuca es rica en almidón, y era utilizada por indígenas para la elaboración de una especie de pan, llamado "Casabe" (CEDEÑO Y MALDONADO, 2003).

La yuca pertenece al orden Euphorbiales, a la familia Euphorbiaceae, al género Manihot, con alrededor de 180 especies, siendo de importancia económica la clase Manihot esculenta (CEDEÑO Y MALDONADO, 2003).

***Variedad hoja morado: Yuca blanca***

Es una 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. (INGA Y LÓPEZ, 2001). Las hojas son en forma de 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 Y LÓPEZ, 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 (INGA Y LÓPEZ, 2001).

La raíz tuberosa presenta epidermis o cáscara parda, felodermo blanco y parénquima amiláceo blanco. Se cultiva en suelos inundables (restinga) y suelos no inundables (terraza 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 Y LÓPEZ, 2001).

Esta variedad contiene un promedio de 3,5 de raíces tuberosas.mata-1, peso de la mata en promedio: 0,9 kg, longitud de la raíz tuberosa en promedio: 28,0 cm y diámetro de la raíz tuberosa en promedio: 6,0 cm. (INGA Y LÓPEZ, 2001).

**Sistemas de propagación**

Las estacas procederán de plantas que tengan de 10 a 15 meses de edad. Parte apropiada de la planta para usar como “semilla”. Debe proceder de tallos primarios cuando sea de clones cuya primera ramificación se produzca a más de 1,20 m de altura. Si es necesario tomar ramas secundarias deben tener entrenudos cortos y el diámetro de la médula debe oscilar entre 45 y 60 % del diámetro total de la estaca (OJEDA, 2006).

**Cosecha y recolección**

En las zonas de cultivo y en siembras con propósito de exportación, es muy recomendable cosechar a los diez meses, ya que la yuca a esa edad alcanza el grado de exportación (raíces con 40 cm. de largo, con grosor entre 8 y 10 cm. de diámetro). La cosecha de campo se la realiza

en cestas de plástico de 52 x 35 x 36 cm., en cuyo fondo de coloca hojas de papel en blanco no de periódico, en las cuales podría desprenderse no solamente tinta sino además plomo.

Las jabas se apilan unas sobre otras, estas estás diseñadas para disponerlas en columna sin mucho riesgo. No deben llenarse profusamente cada una de los recipientes de cosecha (OJEDA, 2006).

Para la cosecha, se elimina la parte aérea, luego se procede a arrancar la yuca, se reúne en montones para su posterior despica o separación de la yuca del tallo, debe existir un grado de humedad óptima para facilitar la extracción de la raíz. Se corta el tallo a 20-25 cm. del suelo y se seleccionarán los mismos para material de plantación. Las raíces no deben permanecer en el campo por más de 24 horas. Cuando se destina la yuca a la parafinación se debe tener cuidado en esta separación cuidando de dejar suficiente pedúnculo para finalmente en la empacadora darle el arreglo final, además se debe tener cuidado en la arranca para impedir daños físicos en la yuca, que pueden motivar su rechazo, Al ser transportado a granel con el debido cuidado o bien en cestas para evitar daños en el transporte (OJEDA, 2006).

**Rendimiento y estacionalidad agrícola**

En promedio, los agricultores producen cerca de 10 toneladas de yuca por hectárea, pero las cosechas pueden dar hasta 30 o 40 toneladas a través de procesos de transformación y mejoramiento genético de la planta y un cultivo más dedicado a las los problemas que se pueden dar en entre las etapas de siembra y cosecha. La yuca puede cosecharse entre los ocho y veinticuatro meses ya que no pierde su calidad y propiedades (OJEDA, 2006).

**Importancia del producto**

La yuca constituye en algunos países latinoamericanos el principal alimento en la dieta diaria. A nivel nacional la yuca es el cultivo de las raíces y tubérculos tropicales de mayor área sembrada. Su consumo se presenta tanto en el mercado nacional como internacional. “Una de las

ventajas que presenta este cultivo es sus bajos costos de producción, constituyéndose una alternativa de producción principalmente para el pequeño productor". Al ser la yuca un producto de origen vegetal, cuya característica común es su gran riqueza en almidones o féculas. Por esta razón son una magnífica fuente de energía, aunque su contenido en otros nutrientes, como proteínas y grasas, es netamente bajo. A este grupo pertenecen alimentos como apio, batata, papa, yuca y plátano. Dado que estos productos se consumen generalmente en cantidades grandes (CEDEÑO Y MALDONADO, 2003).

**Propiedades químicas de la yuca**

En las zonas tropicales, la yuca está calificada como la cuarta fuente de calorías después del arroz, azúcar, y maíz, por contener hasta el 35% de su volumen de carbohidratos y hasta el 1.5% en proteínas. Media taza de yuca contiene 135 calorías. Es por esto que se considera a la raíz un producto prioritario en la seguridad alimentaria mundial. Esta raíz es además una buena fuente de hierro, niacina y calcio (OJEDA, 2006). En el Cuadro 1, se muestra la composición nutricional de la yuca.

**Cuadro 1:** Composición nutricional de la yuca blanca

| Componentes | Contenido de 100g de parte comestible | Valores diarios recomendados (basado en una dieta de 2000 calorías |
|---|---|---|
| Fibra | 1,00g | 25,00 g |
| Grasa total | 0,40g | 66,00 g |
| Proteínas | 1,00g | |
| Calcio | 40,00mg | 162,00 g |
| Fosforo | 34,00 mg | 125,00 g |
| 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 |

FUENTE: OJEDA, (2006).

**Propiedades nutritivas**

La Yuca es un alimento muy rico en hidratos de carbono (85 %). Pobre en grasas y proteínas. Es un alimento muy digestivo. Aporta, de forma moderada, vitaminas del grupo B (B2, B6), vitamina C, magnesio, potasio, calcio y hierro. Un detalle muy interesante es que al no contener gluten es un alimento apto para los celíacos. Es un alimento muy adecuado para todas las edades y en especial, para situaciones que requieren de un gran desgaste físico y para los deportistas. Sin embargo, dado su elevado contenido de potasio, aquellas personas que padecen del riñón y que requieren de dietas bajas en dicho mineral, deberán tener en cuenta que antes de su consumo, se ha de dejar en remojo durante unas 10 h (cambiando el agua cuantas veces sea posible) para que el potasio pase al agua, la cual se deberá desechar siempre (OJEDA, 2006).

**Usos de la yuca**

El producto industrial más importante elaborado con base en yuca es el almidón (dulce, agrio, modificado, no modificado), cuyas alternativas de utilización son extensas y variadas. Por ejemplo, se usa en las industrias alimenticia y textil, en la fabricación de papeles y adhesivos, tiene potencial en la producción de dextrosa y múltiples derivados y para producir alcohol (como se ha hecho en Brasil para sustituir el combustible de petróleo). Según el Perfil de Mercado elaborado por el Centro de Comercio Internacional (CCI) en 1999, la mayor parte del comercio internacional de almidón se concentra en los almidones no modificados. Algunos países en desarrollo participan en las exportaciones de este producto. El segmento de mercado de almidones modificados y dulcificantes es también importante. Sin embargo, debido a los niveles de tecnología requeridos para producir esta clase de almidones, los países en desarrollo generalmente tienen una baja participación en este segmento de mercado. La producción de este tipo de almidón se concentra en Japón y la Unión Europea. Según el estudio mencionado, el almidón es una de las materias primas renovables más

importantes en el mundo, siendo muy elevadas las posibilidades de ampliación de la demanda de almidón de yuca (OJEDA, 2006).

### 2.2.2 Vegetales mínimamente procesados

Actualmente el consumidor es el foco principal del agronegocio alimentario. Acompañar los cambios del mercado y el comportamiento alimentario de la población es fundamental para los productores que pretenden atender las diferentes demandas de mercado, conforme sus necesidades (SILVA, *et al*., 2005).

La búsqueda de la "opción por facilidades que guarden tiempo de preparación y disminuye la frecuencia de las compras es característica del comensal urbano contemporáneo". Para enfrentar esa realidad, el mercado de frutas y hortalizas necesita estar atento para atender todos los tipos de consumidores (SILVA, *et al*., 2005).

Según CALDERÓN (2006), los atributos más importantes de los productos mínimamente procesados (PMP) son la conveniencia y la calidad que ofrecen, seguidos del valor nutricional, sabor y seguridad de consumo (inocuidad). Estas pueden ser consideradas como las principales características de ese tipo de producto y tecnología.

BELLOSO Y ROJAS (2005), reconocen que la introducción de los PMP en el mercado puede ser una forma de incremento en ese consumo, debido a su presentación atractiva, apariencia y sabor.

Por otro lado, PILON (2003), considera el consumo de los PMP como una de las alternativas para el excedente de la producción de vegetales, bien como para la racionalización del desperdicio de géneros, optimización del tiempo en la elaboración de las comidas y racionalización de espacio en las áreas de producción de alimentación colectiva.

**Características de los Productos Mínimamente procesados (PMP)**

Los productos mínimamente procesados (PMP) son denominados alimentos de 4ª generación, o sea, aquellos procesados para aumentar su funcionalidad, sin perder de forma considerable sus propiedades originales (BELLOSO Y ROJAS, 2005).

SILVA, *et al.,* (2005) definieron el producto mínimamente procesado como cualquier fruto o hortaliza, o combinación de ambos, que habían sido físicamente alterado, permaneciendo, pero, en su estado natural, que contienen tejidos vivos o aquellos que sufrieron leves modificaciones de sus condiciones originales. El procesamiento mínimo es entonces, la transformación natural de partes vegetales, que sufren un mínimo de operaciones de procesamiento.

El procesamiento mínimo involucra distintas operaciones unitarias como por ejemplo: selección y clasificación de la materia prima, pre lavado, corte, Sanitización, enjuague, centrifugación y embalaje obteniendo un producto fresco y saludable y que, en la mayoría de las veces no necesita de ser preparado para ser consumido (GONZÁLEZ Y LOBO, 2005).

Más allá de presentar características similares a los productos frescos (*freshlike*), tales productos utilizan métodos combinados en la conservación como control de atmosfera, refrigeración, uso de inhibidores enzimáticos entre otros, va depender del producto y proceso, pudiendo ser utilizado tanto para hortalizas cuanto para las frutas y cereales que se adecuaran al procesamiento, resaltando que no es utilizado ningún proceso térmico en el flujo productivo de esos productos (CÁNOVAS, *et al.*, 2003).

Los tejidos de las hortalizas y frutas sometidos al procesamiento mínimo no presentan las mismas respuestas fisiológicas que el producto entero no tratado, con diferentes respuestas al medio ambiente y las condiciones de embalajes, tornándose más perecibles comparados al producto natural. El estrés fisiológico, daños, respiración, manipulación y temperatura de almacenamiento son los principales responsables de la diminución de la vida útil de esos vegetales (CHITARRA, 2001).

## Calidad de los productos mínimamente procesados (PMP)

La calidad de las frutas y hortalizas mínimamente procesadas es una combinación de atributos que determinan su valor como alimento humano. Estos factores incluyen: apariencia visual (frescura, color, defectos y pudriciones), textura (crujencia, jugosidad, firmeza, integridad del tejido), sabor olor, valor nutritivo (vitamina A y C, minerales y fibra dietaria) y seguridad (ausencia de residuos químicos y contaminación microbiana). (GONZÁLEZ Y LOBO, 2005).

La calidad de los productos mínimamente procesados depende del producto intacto y su conservación hasta el momento de su preparación, métodos de preparación y las condiciones de manejo de estos (rapidez de enfriamiento, mantenimiento de temperatura, humedad relativa óptima, rapidez en la comercialización y la Sanitización apropiada). Las operaciones que involucra la elaboración de los productos mínimamente procesado, no deben ser visto como una forma para utilizar frutas y hortalizas con menor calidad, sobremaduros o con defectos, que no puedan ser comercializadas intactas. Para asegurar la calidad, solamente deben ser utilizadas frutas y hortalizas adecuadas para la preparación de los PMP. (GONZÁLEZ Y LOBO, 2005).

## Etapas del procesamiento mínimo

### *Recepción y selección de la materia prima*

Las frutas y hortalizas, después dela cosecha, deben ser manipuladas con cuidado y transportadas rápidamente para el local de procesamiento, la recepción de la materia prima se realiza en el local apropiado, donde el material impropio para el procesamiento sea descartado. La materia prima debe de ser de excelente calidad, debiendo ser seleccionada en cuanto al punto de maduración (en el caso de frutos), ausencia de deterioración y daños mecánicos. Las hortalizas que presentan hojas deben ser frescas y tiernas.

***Limpieza***

Las frutas y hortalizas deben ser lavadas en agua corriente limpia y de buena calidad o por inmersión, utilizando sustancias químicas permitidas y utilizadas (desinfectantes) apropiado para la sanitización de frutas y hortalizas, con la finalidad de remover las suciedades y los microorganismos adheridos a la superficie del producto, evitando la contaminación del área de procesamiento y la obtención de un producto final de calidad y con vida útil satisfactorio. Después de la limpieza las frutas y hortalizas pueden ser nuevamente seleccionadas y clasificadas.

***Almacenamiento en cámara fría.*** Las frutas y hortalizas deben ser almacenadas en cámara fría por un periodo de aproximadamente 12 horas para retirar el calor de campo y reducción del metabolismo respetándose la temperatura mínima de seguridad, previniendo así el riego de daños por el frio.

***Sanitización.*** Las frutas y hortalizas deben ser inmersas en solución sanitizante para la eliminación de microorganismos deterioradores y patógenos. El sanitizante a base de cloro es el más utilizado, como hipoclorito de sodio y dicloroisocianurato de sódico. El uso de agua refrigerada en la Sanitización es recomendado, pues reduce el metabolismo del producto.

***Descascarado o corte.*** Dependiendo del producto se debe retirar la cascara antes del corte. El proceso de descascaramiento puede ser realizado manual o mecánicamente. El tipo de corte debe ser apropiado para cada tipo de fruta y hortaliza, variando con su forma de presentación en el mercado consumidor. El corte debe ser realizado utilizando cuchillos afilados de acero inoxidable o cortador mecánico adecuado al producto, ambos higienizados.

***Drenaje o escurrido.*** Después del corte, el producto ya procesado debe ser colocado en bandejas de plásticos por un tiempo suficiente para retirar el exceso del líquido acumulado en la superficie del producto, en

el caso principalmente de frutas. Las hortalizas que presentan hojas, raíces y tubérculos pueden ser centrifugados para retirar el exceso de líquido.

***Embalaje.*** El producto mínimamente procesado debe ser acondicionado en embalajes de plásticos transparentes, rígidos con tapas o flexibles, dependiendo del producto y del mercado. Varios materiales de plásticos son usados en la confección de embalajes rígidos y flexibles, como, por ejemplo, polipropileno, polietileno de tereftalato, policlorato de vinilo, polietileno de baja densidad. Dependiendo del producto, se puede utilizar embalajes con atmosfera modificada y al vacío.

***Almacenamiento.*** Los embalajes conteniendo el producto mínimamente procesado deben ser almacenados encamara fría con temperatura aproximada de 5°C por un determinado tiempo de almacenamiento (VILAS, *et al*., 2008).

**Influencia del procesamiento mínimo sobre el metabolismo respiratorio.**

La calidad nutricional y sensorial de frutas y hortalizas MP, sean enteras o cortadas, dependen de factores extrínsecos e intrínsecos de los alimentos (cultivar, prácticas agrícolas, clima, madurez, método de cosecha, procesamiento y conservación). Así mismo dentro de las etapas de procesamiento, hay influencias al depender del tipo y/o método utilizado en el descascaramiento, corte, higienización, centrifugación, embalaje y temperatura que alteran el proceso productivo hasta la distribución (CANO, *et al.,* 2005).

El descascaramiento, corte e higienización son etapas que puede favorecer la pérdida de nutrientes y compuestos fitoquímicos debido a la lixiviación, o solubilidad en el agua o también por eliminación de partes de los vegetales (BELLOSO Y ROJAS, 2005).

En consecuencia del proceso, el producto cambiara de relativamente estable (con una vida útil de diversas semanas o meses) a un perecible con una vida útil muy corta (pudiendo durar de 1-3 días en temperaturas frías). Los PMP se deterioran en función de los cambios fisiológicas, microbiológicos y exposición química que puede resultar en la degradación del color, textura y sabor (CANO, *et al.,* 2005).

***Respiración y temperatura***

El metabolismo respiratorio consiste en la oxidación de azúcares y ácidos orgánicos para obtención de energía, que produce como residuos el dióxido de carbono ($CO_2$) y agua. La energía y moléculas orgánicas producidas durante la respiración son utilizadas por otros procesos metabólicos para la manutención de la salud de los productos (SALTVEIT, 2004).

El aumento de la tasa respiratoria y de la producción de etileno ($C_2H_4$) son efectos fisiológicos y bioquímicos que pueden ser estimulados por el procesamiento mínimo (SILVA, *et al.,* 2005).

La descompartimentalización celular permite contacto entre el sistema generador de etileno, con incremento en su síntesis y en la actividad del ACC sintetasa, que culmina en la acumulación del ácido 1 carboxílico-1-aminociclopropano (ACC), precursor del etileno, el cual en presencia de $O_2$ puede ser rápidamente oxidado a $C_2H_4$, en reacción catalizada por el ACC oxidasa. O etileno producido acelera a degradación de otras membranas celulares, desorganizando y destruyendo el tejido (SALTVEIT, 2004).

De acuerdo con CHITARRA (2001), la respiración varía también en función de la muestra, de los cultivos, del estado de maduración, espesor del corte y de las concentraciones de $O_2$, $CO_2$ y $C_2H_4$. La tasa respiratoria de los PMP es aumentada de 3 a 7 veces, en relación al tejido intacto, el que se traduce en rápido consumo de oxigeno dentro del embalaje de almacenamiento. En el resultado de la elevación de la actividad respiratoria, hay decrecimiento en las reservas energéticas de los tejidos, reflejando en las pérdidas de las características de sabor y

textura del producto. También hay aumento de la pérdida de agua de los tejidos por evaporación y que juntamente con la exudación, promueve la desecación superficial de los mismos (CHITARRA, 2001).

Los PMP son más perecederos que los productos intactos debido a que están sujetos a estrés físico severo, causado por las operaciones unitarias de pelar y cortar, con la consecuente remoción de las células epidérmicas protectoras. En consecuencia los PMP deben de conservarse a temperaturas más bajas que las recomendadas para los intactos. Aunque a 0°C es la temperatura deseada para estos productos, a nivel comercial las mayorías son almacenadas a 5°C o incluso hasta 10°C (SALTVEIT, 2004).

La pérdida de la calidad se retrasa al disminuir la temperatura del tejido a un punto justo por encima de la congelación de tejidos no sensibles al daños por el frio (CHITARRA, 2001). En los productos sensibles al daño por el frio, el almacenamiento a temperaturas similares parece también mantener mejor la calidad en los productos precortados.

La temperatura presenta un efecto profundo en las tasas de las reacciones biológicas como el metabolismo y la respiración. Al final del siglo XIX, VAN´T HOFF verifico que la velocidad de las reacciones biológicas aumenta 2 a 3 veces para cada 10ºC de aumento de temperatura (SALTVEIT, 2004).

***Acción enzimática***

Durante las operaciones del procesamiento mínimo y en especial el descascaramiento y el corte, muchas células son rotas, y los productos intracelulares tales como enzimas oxidativas son liberadas. La deterioración de vegetales MP está relacionada, en la mayoría de las veces con alteraciones enzimáticas que suceden durante el almacenamiento del producto y limitan su vida de estante (SILVA Y AQUINO, 2005).

Las modificaciones en la coloración y en “flavor” de PMP son asociadas a las enzimas polifenoloxidasa (PFO), peroxidasa (POD) y lipoxigenasa;

y a las enzimas pectinametilesterasa, poligalacturonasa y celulasas actúan sobre los polímeros de las paredes celulares, causando modificaciones en la textura con el ablandamiento de los tejidos; y la clorofilasa y ácido ascórbico oxidasa, modifican la coloración, siendo esta última responsable de la pérdida del valor nutritivo, debido a la reducción de la actividad vitamínica del ácido ascórbico (CHITARRA, 2001).

### *Oscurecimiento enzimático*

El oscurecimiento enzimático consiste en la oxidación de sustratos fenólicos por la PFO y la subsecuente polimerización no enzimática de las o-quinonas, moléculas muy relativas que se condensan rápidamente, combinándose con grupos aminos o sulfhídricos de las proteínas y de los azúcares reductores, formando pigmentos oscuros de alto peso molecular - las melaninas (ÁGUILA, 2004; MARSHALL, *et al.,* 2000, SEVERINI, *et al*., 2003).

Los factores más importantes en la evolución del oscurecimiento enzimático son la concentración de PFO activa e de compuestos fenólicos, el pH, la temperatura y el Oxigeno disponible en el tejido (MARSHALL, *et al.,* 2000).

Varios inhibidores del oscurecimiento enzimático viene siendo probado por la industria de alimentos como los agentes reductores y antioxidantes (sulfitos), quelantes, acidulantes (ácido cítrico), entre otros, que actúan por medio de la reducción de las o-quinonas a difenoles incoloros correspondientes, pudiendo reaccionar irreversiblemente con las o-quinonas formando compuestos incoloros estables (MARSHALL, *et al.,* 2000; ÁGUILA, 2004).

### *Ácido cítrico como agente inhibidor del oscurecimiento enzimático*

El ácido cítrico es uno de los aditivos más utilizados en la industria de alimentos por ser relativamente barato y por tratarse de un ácido fuerte (MARSHALL, *et al.,* 2000), puede ser utilizado como antioxidante y quelante, siendo usado sinergísticamente, con otros ácidos y sus sales

neutros, para quelar peroxidantes e inactivar enzimas como la PFO (ÁGUILA, 2004).

Los grupos ionizables de la estructura proteica de las enzimas son afectados por el pH del medio. Estos grupos deben estar en su forma iónica apropiada a fin de mantener la conformación del sitio activo, el enlace con el sustrato o catalizar la reacción enzimática. Los cambios en la ionización son generalmente reversibles. La desnaturalización irreversible ocurre bajo condiciones extremas del pH. La estabilidad del sustrato es también afectada por el cambio del pH. Los sustratos degradados actúan como inhibidores de enzimas. El ácido cítrico actúa directamente sobre la enzima, es aplicado generalmente para mantener el pH por debajo del punto óptimo de la actividad catalítica de la enzima. Esto permite inhibir el efecto de la PPO, evitando el oscurecimiento enzimático. Las enzimas generalmente poseen iones de metales como el cobre del centro activo de la enzima. El ácido cítrico actúa como agente quelante, con capacidad secuestrante de metales, removiendo estos iones y de esta forma inactivar la enzima (GIL, *et al.,* 2008).

El ácido cítrico es aplicado en niveles que varían entre 0,5 y 2 % (p/v) para la prevención del oscurecimiento enzimático en frutas y vegetales y ejercer efecto inhibidor en la PFO por intermedio de la disminución del pH, y una vez que el pH óptimo de la PFO varía con la fuente de la enzima y con el sustrato, y en la mayoría de los casos se sitúa entre 6 y 7, el ajuste del pH para valores inferiores a 4 posibilita el control del oscurecimiento enzimático, desde que se consideren los aspectos sensoriales del producto (MARSHALL, *et al.,* 2000).

### *Atributos de textura y color*

La pérdida de firmeza, debido principalmente, la acción de enzimas proteolíticas y pectolíticas sobre los componentes de la pared celular, es una característica evidente de deterioración, que sucede en los tejidos de PMP, debido a la liberación de esas enzimas por células dañadas, bien como por la acción microbiana (BELLOSO Y ROJAS, 2005). FELLOWS (2006) destaca que la textura de los alimentos es

substancialmente alterada por la reducción del tamaño es que el tipo y la duración de la reducción del tamaño antes de las operaciones de conservación subsecuentes deben ser bien monitoreadas.

La medida del color es un instrumento valioso, tanto para la estimativa del punto de maduración de vegetales, cuanto de la eficiencia del procesamiento aplicado (SILVA Y AQUINO, 2005) y la apariencia de un producto, significativamente influenciada por el color, es uno de los atributos utilizados por el consumidor para evaluar la cualidad de frutas y hortalizas (RUIZ, *et al.,* 2005).

**Embalajes para productos mínimamente procesados.**

Los embalajes, pueden interferir en la respiración del vegetal, la transferencia de calor y el intercambio gaseoso y de vapor de agua. Los embalajes o películas poliméricos, al contrario de lo que se puede imaginar a primera vista, no son impermeables y herméticos totalmente. Ellos son formadas por polímeros, o sea, una “malla” o “red” formada por una repetición de estructuras químicas denominadas monómeros unidas entre sí. Hay varios tipos de moléculas que pueden ser utilizados en la fabricación de estos polímeros, lo que determina el tipo de filme termoplástico, con características distintas (Cuadro 2). (MARTINS, *et al*., 2011).

El Cuadro 2, contiene tipos de polímeros y sus tasas de transmisión a gases.

**Cuadro 2.** Características de permeabilidad de varios filmes termoplásticos con potencial de uso para productos mínimamente procesados.

| Tipo de Películas | Tasa de transmisión | | |
|---|---|---|---|
| | $O_2$ (A) | $CO_2$ (A) | $H_2O$ VAPOR (B) |
| PEBD-Polietileno de baja densidad | 3900-13000 | 7700-77000 | 6-23 |
| PEBDL-Polietileno de baja densidad linear | 7000-9300 | - | 16-31 |
| PEMD-Polietileno de media densidad | 2600-8300 | 7700-38700 | 8-15 |
| PEAD-Polietileno de alta densidad | 520-4000 | 3900-10000 | 4-10 |
| PP-Polipropileno | 1300-6400 | 7700-21000 | 4-11 |
| PVC-Clorato de polivinilo | 620-2200 | 4300-8100 | >8 |
| PS-Poliestireno | 2000-7700 | 10000-26000 | 108,5-155 |
| EVA-Etileno vinil acetato copolímero (12% VA) | 8000-13000 | 35000-53000 | 60 |

FUENTE: VILAS, *et al*., (2008)

(A) tasas de transmisión de oxigeno ($O_2$) y gas carbónico ($CO_2$) están expresados en centímetros cúbicos (mL) de gas por metro cuadrado de filme por día, a la presión de 1 atmósfera, considerándose un filme con espesura de 0,0254 mm a temperatura entre 22ºC y 25ºC y diferentes humedades relativas del aire.

(B) Las tasas de transmisión de vapor de agua están expresadas en gramos por metro cuadrado por día a 37,8 ºC e 90% de humedad relativa del aire.

El procesamiento mínimo requiere el uso de embalajes en todos los productos. El embalaje es parte esencial de la conservación del producto y de la comunicación de los atributos y cuidados del producto al consumidor descrito en la etiqueta o rótulo. El embalaje constituye una “protección artificial” contra la contaminación por microorganismos, los daños físicos ocasionados por insectos, roedores, y manipulación por el propio consumidor final. (MARTINS, *et al*., 2011).

## 2.3 Definición de términos básicos

**Productos mínimamente procesados.** Son aquellos que pasaron por alguna modificación en su estructura física, o sea, fueron descascarados, cortados, rallados y sufrieron todo un proceso de limpieza y Sanitización sin perder sus características naturales. También son denominadas como, levemente procesados, parcialmente procesados, ligeramente procesados, pre-cortados, entre otros.

**Evaluación sensorial.** El análisis sensorial o evaluación sensorial es el análisis de los alimentos u otros materiales a través de los sentidos.

**Polifenoloxidasa.** Son enzimas ubicuas en plantas que catalizan la reacción dependiente de oxígeno que transforma o-difenoles en o-quinonas.

**Peroxidasa.** Es una enzima que cataliza la oxidación de un amplio número de sustratos orgánicos e inorgánicos, utilizando el poder oxidante del peróxido de hidrógeno.

**Enzimas.** Son biomoléculas especializadas en la catálisis de las reacciones químicas que tienen lugar en la célula. Son muy eficaces como catalizadores ya que son capaces de aumentar la velocidad de las reacciones químicas mucho más que cualquier catalizador artificial conocido, y además son altamente específicos ya que cada uno de ellos induce la transformación de un sólo tipo de sustancia y no de otras que se puedan encontrar en el medio de reacción.

**Inhibidores.** Moléculas que disminuyen la velocidad de reacción enzimática

**Colorímetro.** Uno de los nuevos avances en determinar el estado de madurez de las frutas es mediante un colorímetro. El colorímetro expresa el color en forma numérica y cuantifican la diferencia de color entre un estándar y una muestra de producción. La determinación del color por parte de este instrumento se basa en los tres elementos primarios de los colores.

**Sustrato.** Es la sustancia o molécula sobre la que actúa una enzima y cuya transformación está condicionada por ella. Es decir que las enzimas aceleran la velocidad en reacciones biológicas que se llevan a cabo dentro de la célula.

**Sanitización.** El acto de reducir el número de microorganismos a niveles aceptables en superficies limpias.

**Desinfección.** Es un proceso en donde se eliminan los agentes patógenos reconocidos, pero no necesariamente todas las formas de vida microbianas. Es un término relativo, donde existen diversos niveles de desinfección, desde una esterilización química, a una mínima reducción del número de microorganismos contaminantes.

**El ácido cítrico ($C_6H_8O_7$)**. Es un acidulante ampliamente usado, inocuo con el medio ambiente. Es prácticamente inodoro, de sabor ácido no desagradable, soluble en agua, éter y etanol a temperatura ambiente. Es un sólido incoloro, traslúcido o blanco, que se presenta en forma de cristales, granular o polvo. Es un buen conservante y antioxidante natural que se añade industrialmente en el envasado de muchos alimentos como las conservas vegetales enlatadas.

**Cinética Enzimática:** La cinética enzimática estudia la velocidad de las reacciones catalizadas por enzimas. Estos estudios proporcionan información directa acerca del mecanismo de la reacción catalítica y de la especifidad del enzima. La velocidad de una reacción catalizada por un enzima puede medirse con relativa facilidad, ya que en muchos casos no es necesario purificar o aislar el enzima. La medida se realiza siempre en las condiciones óptimas de pH, temperatura, presencia de cofactores, etc., y se utilizan concentraciones saturantes de sustrato.

**Conservación.** Es prevenir o evitar el desarrollo de microorganismos (bacterias, levaduras y mohos), para que el alimento no se deteriore durante el almacenaje. Al mismo tiempo, se deben controlar los cambios químicos y bioquímicos que provocan deterioro. De esta manera, se logra obtener un alimento sin alteraciones en sus características organolépticas, y puede ser consumido sin riesgo durante un cierto período.

**Refrigeración.** Se suele entender por refrigeración al intervalo que va desde los 2 y 5 °C en frigoríficos industriales y entre 8 y 15 °C en los frigoríficos domésticos. Conserva el alimento sólo a corto plazo, ya que la humedad favorece la proliferación de hongos y bacterias.

**Evaluación fisicoquímico.** Técnica que nos permite determinar las características físicas (color, textura, peso, etc) y químicas (pH, Acidez, °Brix, etc), mediante la observación y utilización de equipos, respectivamente.

**Confiabilidad:** características técnicas que determinan la utilidad de los resultados de un instrumento de medición es su grado de reproducibilidad. Esta se refiere al hecho de que los resultados obtenidos con el instrumento en una determinada ocasión, bajo ciertas condiciones, deberían similares si volviéramos a medir el mismo rasgo en condiciones idénticas.

**Validez:** La validez de un instrumento consiste en que mida lo que tiene que medir (autenticidad). Al estimar la validez es necesario saber a ciencia cierta qué rasgos o características se desean estudiar. A este rasgo o característica se le denomina variable criterio.

**Croma:** La cromaticidad representa lo llamativo o lo apagado de un color, indicando si el color se aleja o se aproxima a un tono más o menos vivo.

**Matriz de color (Angulo Hue°):** La tonalidad o ángulo Hue° mide cómo se percibe el color del parénquima.

**Peresibilidad:** Son productos perecibles aquellos que deben ser preservados en frio, con el fin de retrasar la actividad microbiana, que los deteriora en muy poco tiempo.

## 2.4 Hipótesis

Al porcentaje de concentración de 0,9% de ácido cítrico se inhibe el oscurecimiento enzimático y se mantienen las características fisicoquímicas y sensoriales de la yuca blanca mínimamente procesada envasada durante su almacenamiento en refrigeración.

## 2.5 Variables

### 2.5.1 Variable independiente

**Concentración de ácido cítrico:** Porcentaje de ácido cítrico comercial como agente inhibidor del oscurecimiento enzimático.

### 2.5.2 Variables dependientes

**Características fisicoquímicas:** pH, acidez, pérdida de peso y color.

**Características sensoriales:** Parámetros organolépticos como: color, sabor, textura y apariencia general.

### 2.5.3 Variables Intervinientes

**Temperatura de almacenamiento:** Se almacenará a temperatura de refrigeración de (4±1°C).

**Tiempo de almacenamiento:** Se almacenará durante 5 días.

# CAPITULO III

## 3. METODOLOGÍA

### 3.1. Tipo y nivel de investigación

#### 3.1.1. Tipo

Es de tipo cuantitativo o experimental.

#### 3.1.2. Nivel

Es de nivel descriptivo, aplicativo y explicativo.

**Descriptiva:** Porque se la describen las variables y su efecto en la investigación, utilizando la observación como método descriptivo.

**Aplicativo:** Permite conocer las causas, efectos, variables y condiciones cambiantes. En esta investigación se busca conocer el "Efecto del ácido cítrico en la inhibición del oscurecimiento enzimático de la yuca blanca (*Manihot esculenta* Crantz) mínimamente procesada, envasada y almacenada en refrigeración.

**Explicativa:** Porque está se centra en explicar por qué y en qué condiciones las variables se relacionan.

### 3.2. Método de la investigación

#### 3.2.1. Lugar de ejecución

El presente trabajo de investigación se ejecutó en el laboratorio de Anatomía de la Madera de la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonia, en Ucayali, ubicado a 157 msnm, 08° 21′ 47″ de latitud sur, a 74° 34′ 03″ de Longitud Oeste, con una temperatura y humedad relativa promedio de 28°C y 85% respectivamente, en el distrito de Yarinacocha, Provincia de Coronel Pedro. Portillo.

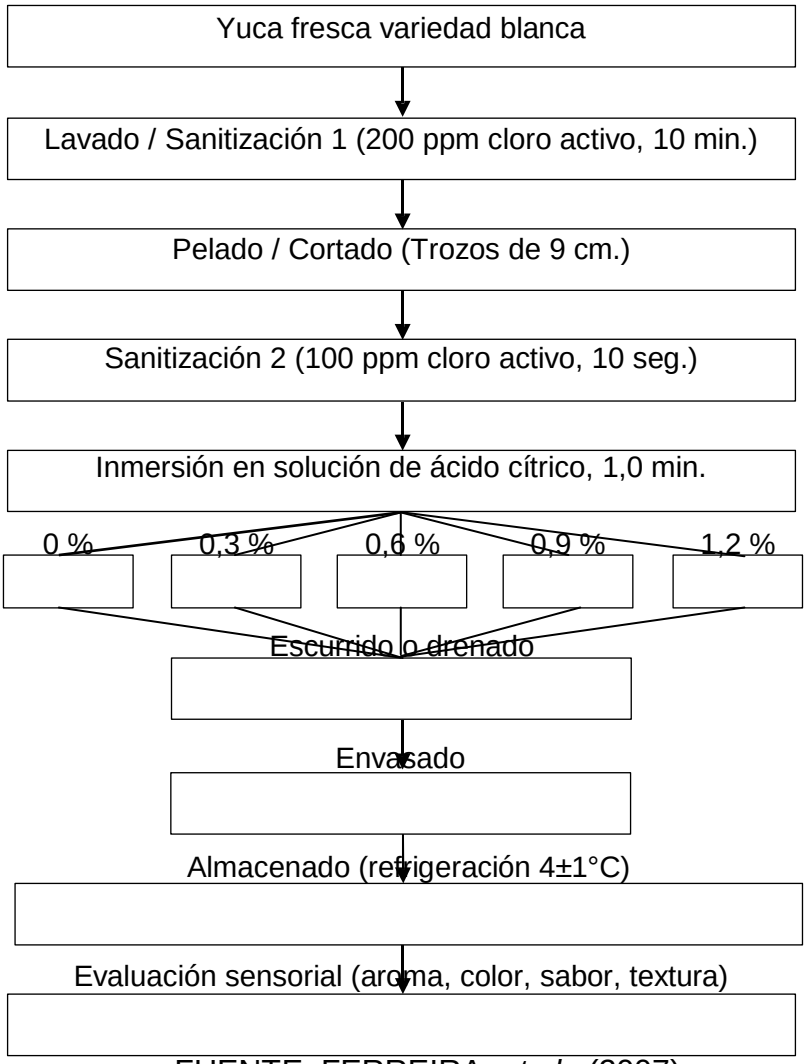
### 3.2.2. Materia en estudio

La yuca (***Manihot esculenta*** **Crantz**) variedad hoja morada (yuca blanca o señorita) obtenido del sector “Nuevo Requena”, Distrito de Campo Verde, Región Ucayali.

### 3.2.3. Preparación de la muestra

En la figura 1, se muestra el diagrama de flujo del procedimiento experimental del trabajo de investigación.

**Figura 1:** Diagrama de flujo para el procesamiento mínimo de la yuca blanca sometidos a diferentes concentraciones de ácido cítrico.




FUENTE: FERREIRA, *et al*., (2007)

**Recepción.** La materia prima se recepcionó en el área de procesamiento.

**Lavado.** Se lavó la materia prima utilizando agua potable de buena calidad, eliminando toda impureza adherida en su superficie.

**Sanitización 1**. Se realizó la Inmersión rápida de la materia prima en agua a 200 ppm de cloro activo, a 10°C por un tiempo de 10 minutos.

**Pelado y cortado.** Se procedió a retirar la cáscara y se realizó el cortado en porciones de forma longitudinal de 9 cm.

**Sanitización 2.** La yuca cortada fue sometida a Inmersión rápida en agua a 100 ppm de cloro activo, a 10°C por un tiempo de 10 segundos.

**Inmersión en ácido cítrico.** Se procedió a la inmersión en ácido cítrico comercial en concentraciones de 0; 0,3; 0,6; 0,9; y 1,2 % durante un tiempo de 1,0 min respectivamente.

**Escurrido o drenado.** Se realizó por un tiempo de 5 minutos con la finalidad de retirar el agua de la yuca mínimamente procesada que adquirieron durante las operaciones de lavado, sanitizado e inmersión en ácido cítrico.

**Envasado.** Se envasó 245 ± 5g de yuca MP en bandejas de poliestireno cubiertas con películas de PVC.

**Almacenamiento.** Se almacenó a temperatura de refrigeración (4±1°C) por un periodo de 5 días.

**Análisis fisicoquímicos.** Se realizó cada día (0, 1, 2, 3, 4 y 5) hasta completar los 5 días de almacenamiento en refrigeración.

**Análisis sensorial.** Se realizó al cumplir los 5 días de almacenamiento en refrigeración.

### 3.2.4. Análisis fisicoquímicos

**Determinación del pH**

Las medidas de pH se realizaron con un pH-metro digital (Hanna HI8424 calibrado con soluciones tampón de pH=4.00 y pH=7.02) con lectura directa en 50g de muestra homogenizada en 100 mL de agua destilada y a temperatura de 25°C de acuerdo con la AOAC, (2000).

**Determinación de la acidez titulable**

Se determinó por titulación potenciométrica, conforme al método estandarizado por la AOAC (2000), donde 50g de muestra fue homogenizada en 100 mL de agua destilada y titulada con solución de hidróxido de sodio NaOH 1N hasta pH 8,2. Los resultados se expresaran en equivalente-gramo de ácido cianhídrico. $100^{-1}$.

Para el cálculo de acidez se empleara la siguiente fórmula:

$$AT = \frac{(V.\ NaOH \times N \times Meq\text{-}g)}{Vm} \quad X\ 100$$

Donde:

AT = Acidez titulable (%)

V = Volumen titulado de la solución de NaOH (mL)

Vm = Muestra (mL)

Meq-g = Mil-equivalente gramo (ácido cianhídrico)

**Determinación de pérdida de peso.**

Se determinó la pérdida de peso de las muestras envasadas durante su almacenamiento en refrigeración (4±1°C), esta actividad se realizó diariamente (0, 1, 2, 3, 4 y 5) hasta completar los cinco días de almacenamiento en refrigeración.

**Determinación del color**

Para las medidas del color se utilizó un colorímetro portátil Kónica Minolta CR 400; se trata de un analizador compacto triestímulo. Las medidas se expresan en coordenadas L*, a*, b* del sistema CIELAB (CIE, 1976). La elección de este tipo de expresión de los datos es por fidelidad respecto a la sensibilidad humana del color, donde L representa valores para la variable L*, a* y b* son las coordenadas de cromaticidad que nos permiten situar un punto en el espacio colorimétrico.

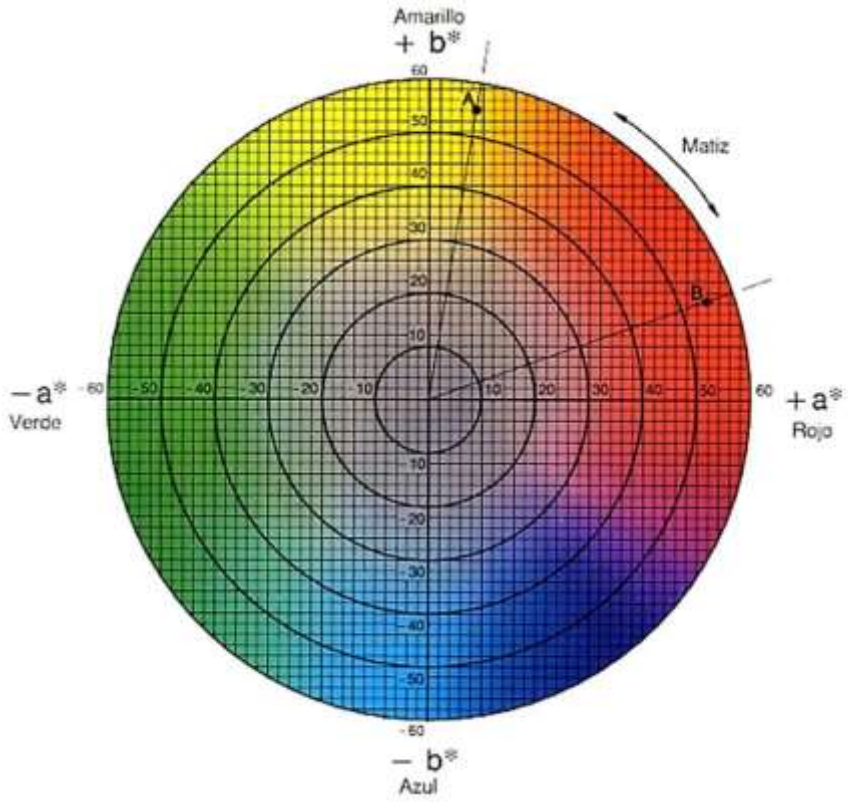
La coordenada L* corresponde a la luminosidad de la muestra que va del negro al blanco en una escala de 0 a 100. A partir de las coordenadas de cromaticidad a* y b*se calcula el matiz y la saturación (los otros dos componentes del color); los valores de la coordenada a* están asociados al color rojo si es positiva (0 a 60) y al verde si es negativa (-60 a 0), mientras que la coordenada b* corresponde al color amarillo si es positiva (0 a 60) y azul si es negativa (-60 a 0). El aparato se calibra al inicio de cada sesión de medidas con las cartas o patrones homologados. Las mediciones se realizan conforme al manual de instrucciones de uso.

En la Figura 2, se presenta el diagrama CIEL*a*b* a partir del cual se pueden determinar las coordenadas para cualquier alimento, con los valores obtenidos de L*, a* y b*, se calcularon el ángulo de tonalidad Hue° (ecuación 2.1) y el índice de saturación del color o Cromaticidad (ecuación 2.2).

$$Hue = Arc\ tang\ (b^*/a^*) \qquad \text{Ecuación 2.1}$$

$$C = ((a^*)^2 + (b^*)^2)^{1/2} \qquad \text{Ecuación 2.2}$$

**Figura 2:** Diagrama CIEL*a*b*




FUENTE: FERNANDO, (2013)

### 3.2.5. Análisis sensorial

La yuca mínimamente procesada con inmersión en diferentes concentraciones de ácido cítrico comercial (0; 0,3; 0,6; 0,9 y 1,2%), se analizó a los 5 días de almacenamiento en refrigeración (4±1°C), las muestras se acondicionaron a temperatura ambiente hasta el momento de la evaluación.

Para el análisis sensorial, las muestras de yuca MP, fueron cocidas a temperatura de 100 °C por un tiempo de 10 min, en proporciones de; para 250 g de yuca se utilizó 1L de agua. Luego se procedió a servir las muestras de cada tratamiento en platos codificados según el diseño de bloques incompletos.

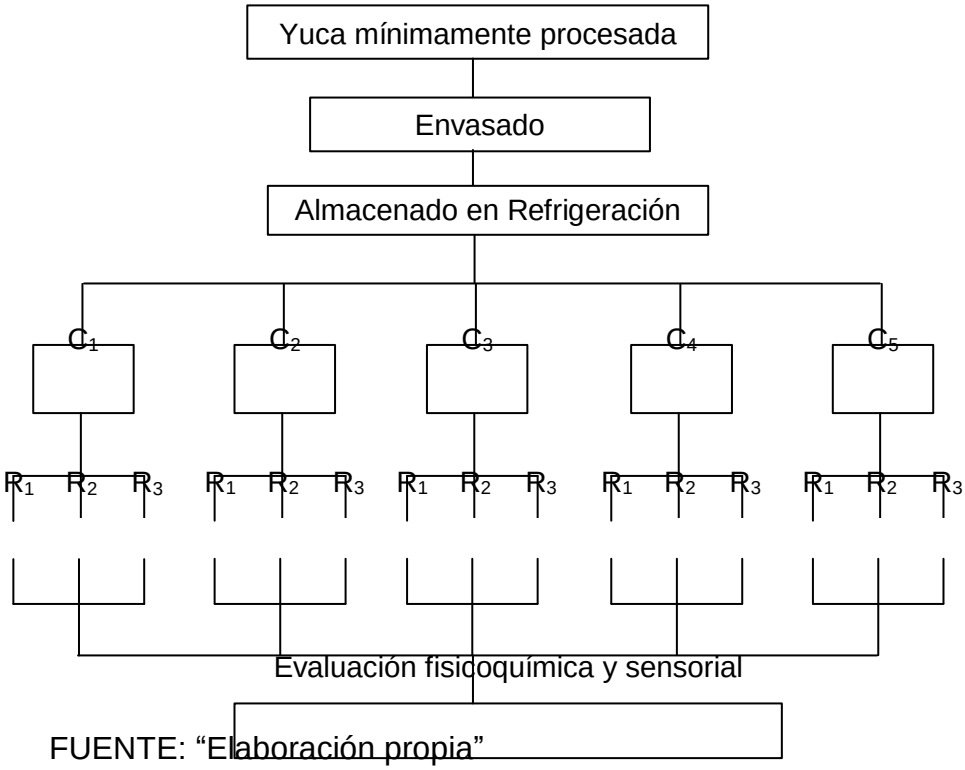
La evaluación sensorial se realizó con la ayuda de 35 panelistas no entrenados, utilizando una escala hedónica del 1 al 5 (1=malo, 2 = regular, 3= bueno, 4 = muy bueno, y 5=excelente) para la evaluación

de cada tratamiento; se calificó las características organolépticas como: color, sabor, textura, olor y apariencia general (FERREIRA, *et al*., 2007).

### 3.3. Diseño de la investigación

En la Figura 3, se presenta el diseño de la investigación.

**Figura 3:** Diseño de investigación para la evaluación fisicoquímica y sensorial durante su almacenamiento en refrigeración de la yuca blanca mínimamente procesada.




FUENTE: "Elaboración propia"

**DONDE:**

$C_1$, $C_2$, $C_3$, $C_4$, $C_5$: Concentraciones de ácido cítrico: 0, 0.3, 0.6, 0.9, 1.2%

$R_i$ (i: 1, 2 y 3) repeticiones. Se realizó diariamente de 0, 1, 2, 3, 4, y 5.

## 3.4. Población y muestra

### 3.4.1. Población

La materia prima se recolectó del distrito de Campo verde, km 34, Centro Poblado Nueva Requena. Según el MINAGRI (2013) la producción de yuca en la región de Ucayali es de 11073 Tm anuales, con un promedio de 13,91 Tm por hectárea.

### 3.4.2. Muestra

La muestra representativa de yuca, variedad hoja morada (yuca blanca) a estudiar y procesar por el presente proyecto de tesis fueron de un saco, con un peso promedio de 45 kg.

## 3.5. Descripción de técnicas e instrumentos de recolección de datos

### 3.5.1. Técnicas de recolección de datos

Los datos se obtuvieron mediante observación directa que emitieron los equipos de medición, análisis documental para la recopilación de datos de fuente secundaria como libros, informes y otros documentos que son indispensables como fuente de datos de toda investigación actual.

### 3.5.2. Instrumentos de recolección de datos

Para la recolección de datos se usaron instrumentos como:

Tablas con libretas de apuntes.
Guía técnica documental.
Instrumentos de medición (potenciómetro, colorímetro, balanzas, etc.).

### 3.6. Tratamiento estadístico

Los tratamientos efectuados en el presente estudio de investigación se muestran en el Cuadro 3 y 4.

**Cuadro 3:** Evaluación de las características fisicoquímicas de la yuca blanca mínimamente procesada en diferentes tratamientos con ácido cítrico.

| % ÁCIDO CÍTRICO | CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS |
|---|---|
| 0 | T1 |
| 0,3 | T2 |
| 0,6 | T3 |
| 0,9 | T4 |
| 1,2 | T5 |

FUENTE: “Elaboración propia”.

**Cuadro 4:** Evaluación de las características sensoriales de la yuca blanca mínimamente procesada en diferentes tratamientos con ácido cítrico.

| % ÁCIDO CÍTRICO | CARACTERÍSTICAS SENSORIALES |
|---|---|
| 0 | T1 |
| 0,3 | T2 |
| 0,6 | T3 |
| 0,9 | T4 |
| 1,2 | T5 |

FUENTE: “Elaboración propia”.

### 3.6.1. Diseño experimental

**Análisis fisicoquímico.**

Se realizó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA). Luego del análisis de varianza ANOVA, de existir efecto del factor concentración se efectuará la prueba de comparación múltiple de Tukey, con un nivel de significancia con un nivel de significancia de 5%.

**Análisis sensorial**

Se realizó un diseño de bloques incompletos balanceados (DBIB). Luego del análisis de varianza ANOVA, de existir efecto del factor concentración se efectuará la prueba de comparación múltiple de Dunnet, con un nivel de significancia de 5% de confiabilidad.

### 3.6.2. Modelo lineal aditivo

**Análisis fisicoquímico.**

Modelo ANOVA multivariante

$Y_{ij} = U + A_i + C_j + E_{ij}$

$Y_{ij}$ = Observaciones (características fisicoquímicas)

U = Promedio general o poblacional

$A_i$ = Efecto del factor concentración de ácido cítrico (0; 0,3; 0,6; 0,9 y 1,2 %)

$C_j$ = Efecto de los días de almacenamiento.

$E_{ij}$ = Error experimental.

**Análisis sensorial**

Se realizó un diseño de bloques incompletos balaceados (DBIB). Luego del análisis de varianza ANOVA, de existir efecto del factor concentración se efectuará la prueba de comparación múltiple de Dunnett, con un nivel de significancia de 0.05 y 95% de confiabilidad.

Modelo ANOVA multivariante

$Y_{ij} = U + A_i + C_j + E_{ij}$

$Y_{ij}$ = Observaciones (características sensoriales)

U = Promedio general o poblacional

$A_i$ = Efecto del factor concentración de ácido cítrico (0; 0,3; 0,6; 0,9 y 1,2 %)

$C_j$ = Efecto del bloque (panelistas) k = 1, 2, 3,…, 35

$E_{ij}$ = Error experimental.

En el Cuadro 5 y 6 se muestran la tabla ANVA para el análisis fisicoquímico y sensorial de la yuca MP, mediante la prueba no paramétrico.

**Cuadro 5:** Análisis de varianza (ANVA) para las características fisicoquímicas de la yuca MP durante el almacenamiento.

| Fuente de variación | g.l. | SC | CM | Fc | Pv. |
|---|---|---|---|---|---|
| Ácido cítrico | 4 | | | | |
| Días de almacenamiento | 5 | | | | |
| Error experimental. | 80 | | | | |
| Total | 89 | | | | |

FUENTE: “Elaboración propia”.

**Cuadro 6:** Análisis de varianza (ANVA) para las características sensoriales de la yuca MP durante el almacenamiento.

| Fuente de variación | g.l. | SC | CM | Fc | Pv. |
|---|---|---|---|---|---|
| Ácido cítrico | 4 | | | | |
| Panelistas | 34 | | | | |
| Error experimental. | 140 | | | | |
| Total | 174 | | | | |

FUENTE: “Elaboración propia”

# CAPITULO IV

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Confiabilidad y validez de instrumentos

#### 4.1.1. Confiabilidad de instrumentos

Se utilizó el método de correlación r de Pearson (CORAL, 2009).

En el Cuadro 7, se muestra los valores de confiabilidad (r) para diferentes equipos que se utilizaron para la ejecución de esta de investigación.

**Cuadro 7:** Estimación del coeficientes de confiabilidad en las mediciones.

| **Equipos** | **r*** |
|---|---|
| Colorímetro | 0,98 |
| pH-metro | 0,95 |

FUENTE: “Elaboración propia”.
*Coeficiente de confiabilidad.

Los coeficientes de confiabilidad para cada equipo, muestran valores de 0,9804; y 0,9451 para el colorímetro y pH-metro respectivamente, demostrando que los coeficientes presentan alto valor de confiabilidad. Los cálculos para la obtención e interpretación de los valores de R para cada equipo se obtuvieron por regresión lineal (ver anexo, cuadro 44, 45 y 46).

### 4.1.2. Validez de instrumentos

DA ROCHA (2007), realizó estudio en **“**Determinación de las características fisicoquímicas y de calidad de batatas mínimamente procesadas sometidas a tratamientos con ácido cítrico y metasulfito de sodio. Para la determinación de color (L*a*b*) utilizaron el colorímetro Kónica Minolta CR 400 – Chroma Meter. Para este presente trabajo de investigación, se utilizó el equipo con las mismas características en la determinación del color de la yuca mínimamente procesada sometida a diferentes tratamientos con ácido cítrico y almacenada a refrigeración (4°±1°C).

DE LACERADA (2005), realizó estudio en “Caracterización física, química y nutricional de batatas mínimamente procesadas. Para la determinación de pH utilizo pH-metro digital Hanna HI8014. En el presente estudio también se utilizó pH-metro con estas características para determinar la variación del pH durante el almacenamiento de la yuca mínimamente procesada sometida a diferentes tratamientos con ácido cítrico.

## 4.2. Técnicas estadísticas para el procedimiento de la información

Se utilizó el programa estadístico SPSS.18, Excel, media, desviación estándar. Para el análisis fisicoquímico se realizó la prueba paramétrica de tukey, así mismo para el análisis sensorial se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis.

### 4.2.1. Análisis fisicoquímicos

**Determinación del pH**

En el Cuadro 8, se muestra la variación del pH durante los días de almacenamiento de la yuca mínimamente procesada en diferentes tratamientos con ácido cítrico y almacenada en refrigeración (4°±1°C).

**Cuadro 8:** Variación del pH en yuca mínimamente procesada, almacenada en refrigeración (4±1°C).

| | TRATAMIENTOS[1] | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| DÍAS | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 |
| 0 | 6,20 ± 0,03$^{cd}$ | 6,18 ± 0,04$^{d}$ | 6,16 ± 0.04$^{c}$ | 6,05 ± 0.02$^{b}$ | 6,02 ± 0.01$^{a}$ |
| 1 | 6,23 ± 0,07$^{cd}$ | 6,24 ± 0,07$^{d}$ | 6,15 ± 0.04$^{c}$ | 6,13 ± 0.05$^{b}$ | 6,07 ± 0.04$^{a}$ |
| 2 | 6,21 ± 0,07$^{cd}$ | 6,22 ± 0,03$^{d}$ | 6,18 ± 0.08$^{c}$ | 6,15 ± 0.04$^{b}$ | 6,07 ± 0.03$^{a}$ |
| 3 | 6,29 ± 0,09$^{cd}$ | 6,29 ± 0,08$^{d}$ | 6,23 ± 0.07$^{c}$ | 6,18 ± 0.08$^{b}$ | 6,18 ± 0.02$^{a}$ |
| 4 | 6,31± 0,05 $^{cd}$ | 6,36 ± 0,05$^{d}$ | 6,29 ± 0.05$^{c}$ | 6,25 ± 0.03$^{b}$ | 6,19 ± 0.03$^{a}$ |
| 5 | 6,35 ± 0,05 $^{cd}$ | 6,38 ± 0,02$^{d}$ | 6,34 ± 0.06$^{c}$ | 6,31 ± 0.04$^{b}$ | 6,27 ± 0.03$^{a}$ |

FUENTE: “Elaboración propia”.

[1] Porcentaje de ácido cítrico; T1: 0,0%, T2: 0,3 %, T3: 0,6 %, T4:0,9%, T5: 1,2 %. Los datos corresponden a la media ± SD, n = 3.
Valores con letras diferentes indican diferencia significativa.

Los valores del pH mostraron diferencia significativa ($p < 0,05$), entre los tratamientos con ácido cítrico en la yuca mínimamente procesada durante su almacenamiento en refrigeración (4±1°C). Se observó que en el día cero el pH disminuye en los tratamientos con inmersión en ácido cítrico, T2, T3, T4 y T5 en 6,18; 6,16; 6,05; y 6,02 respectivamente, observando que los tratamientos T4 y T5 el pH desciende considerablemente, esto debido a la inmersión en alto porcentaje de ácido cítrico, a diferencia del tratamiento T1 (sin ácido cítrico).

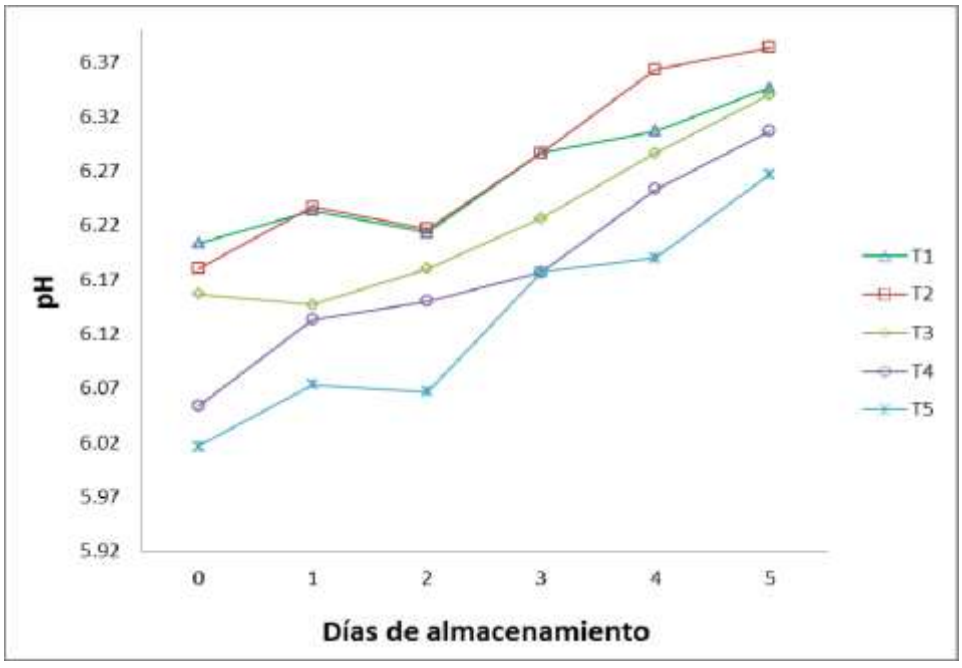
Observando que el pH tiende a aumentar en todos los tratamientos, T1, T2, T3, T4 y T5, de 6,20 a 6,35, de 6,18 a 6,38, de 6,16 a 6,34, de 6,05 a 6,31 y de 6,02 a 6,27 respectivamente, durante los cinco días de almacenamiento.

ALVES (2009), observó que el pH aumentó durante el almacenamiento en los dos tratamientos con ácido ascórbico y ácido cítrico 3% y, también que en el tratamiento con antioxidante

los valores del pH permanecieron siempre inferiores en relación al tratamiento sin antioxidante. El pH se incrementó de 5,8 a 6,5 y 5,8 a 6,4 para los tratamientos sin y con antioxidante respectivamente, estando dentro del rango sugerido, puesto que el pH considerado adecuado para mantener la calidad de vegetales mínimamente procesado debe estar en el rango de 5,0 a 6,5. También menciona que el aumento del pH sea debido a la eliminación del $CO_2$ directamente del interior de los tejidos hacia las vacuolas o para el ambiente, teniendo como consecuencia la disminución de la acidificación generada por el $CO_2$. Otra posibilidad en el aumento del pH, puede estar relacionada al consumo de los ácidos orgánicos en el proceso respiratorio, debido a que los ácidos son los primeros compuestos a ser utilizados como sustrato en la respiración.

En la Figura 4, se muestra gráficamente los resultados del pH en la yuca mínimamente procesada, a diferentes tratamientos con ácido cítrico durante su almacenamiento en refrigeración (4±1°C).

**Figura 4:** Variación del pH en la yuca mínimamente procesada a diferentes tratamientos con ácido cítrico durante el almacenamiento en refrigeración (4±1°C).




FUENTE: “Elaboración propia”

**Determinación del porcentaje de acidez**

En el Cuadro 9, se muestra la variación del porcentaje de acidez durante los días de almacenamiento de la yuca mínimamente procesada en diferentes tratamientos con ácido cítrico y almacenada en refrigeración (4±1°C).

**Cuadro 9:** Variación del porcentaje de acidez en yuca mínimamente procesada, almacenada en refrigeración (4±1°C).

| DÍAS | TRATAMIENTOS[1] | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 |
| 0 | 0,033±0,002[a] | 0,031±0,002[a] | 0,033±0,001[a] | 0,033±0,001[a] | 0,034±0,001[a] |
| 1 | 0,031±0,002[a] | 0,029±0,000[a] | 0,032±0,001[a] | 0,031±0,000[a] | 0,032±0,001[a] |
| 2 | 0,029±0,005[a] | 0,031±0,002[a] | 0,033±0,001[a] | 0,032±0,002[a] | 0,032±0,001[a] |
| 3 | 0,031±0.001[a] | 0,029±0,001[a] | 0,031±0,002[a] | 0,031±0,002[a] | 0,030±0,001[a] |
| 4 | 0,028±0,002[a] | 0,028±0,001[a] | 0,031±0,001[a] | 0,030±0,001[a] | 0,030±0,001[a] |
| 5 | 0,028±0,004[a] | 0,028±0,002[a] | 0,031±0,000[a] | 0,030±0,001[a] | 0,029±0,000[a] |

FUENTE: “Elaboración propia”.

[1]T1: 0,0%, T2: 0,3 %, T3: 0,6 %, T4:0,9%, T5: 1,2 % % de ácido cítrico respectivamente. Los datos corresponden a la media ± SD, n = 3.
Valores con letras diferentes indican diferencia significativa.

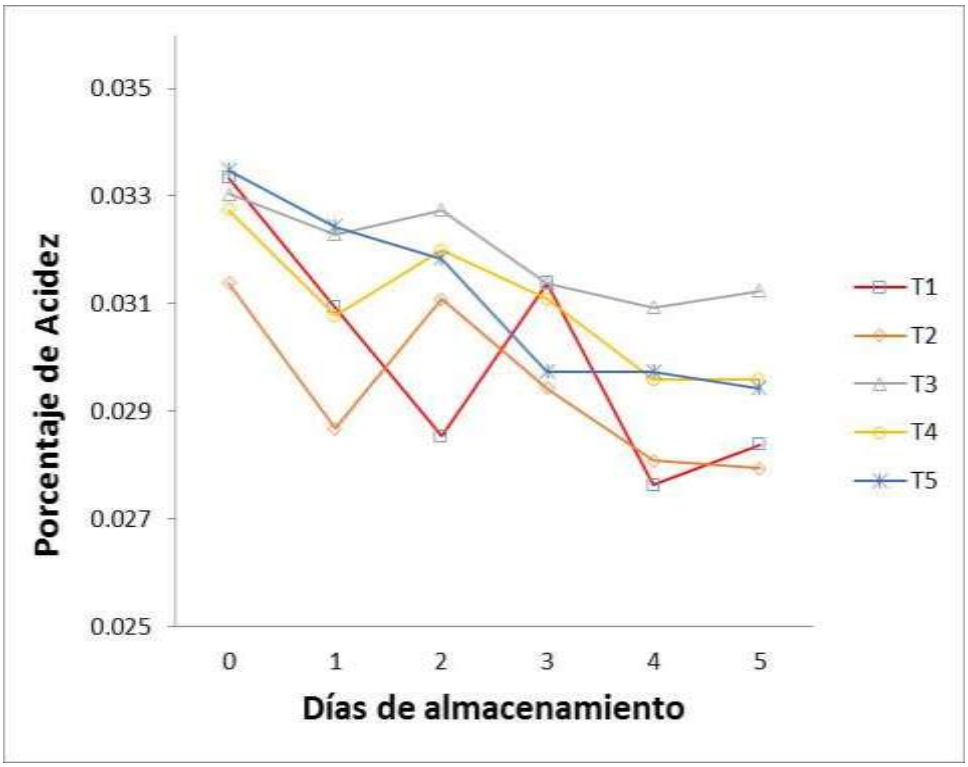
Se observó la variación en el porcentaje de acidez (ácido cianhídrico) de la yuca mínimamente procesada, manteniendo un comportamiento homogéneo con los demás tratamientos durante los cinco días de almacenamiento en refrigeración, por lo tanto no hubo diferencia significativa ($p > 0,05$) entre los tratamientos.

SILVA, *et al*., (2007), menciona que el porcentaje de acidez titulable expresada en ácido cianhídrico disminuye durante los 12 días almacenamiento, debido a la deshidratación por transpiración y la concentración de ácidos orgánicos en el la yuca durante su almacenamiento.

ALVES (2004), Observó el ligero aumento en el contenido de acidez en la yuca del tratamiento sellado al 7° y del tratamiento al vacío hasta el 14° día de almacenamiento, posiblemente esté relacionado al inicio del proceso fermentativo. Así mismo menciona que el aumento de la acidez es ocasionado por bacterias anaeróbicas facultativas, capaces de consumir oxígeno y producir ácidos orgánicos como láctico, butírico, acético, entre otros.

En la Figura 5, se muestra gráficamente los resultados del pH en la yuca mínimamente procesada, a diferentes tratamientos con ácido cítrico durante su almacenamiento en refrigeración (4±1°C).

**Figura 5:** Variación del porcentaje de acidez en la yuca mínimamente procesada a diferentes tratamientos con ácido cítrico durante el almacenamiento en refrigeración (4±1°C).




FUENTE: “Elaboración propia”

**Pérdida de peso**

En el Cuadro 10, se muestra la pérdida de peso (g) durante los días de almacenamiento de la yuca mínimamente procesada en diferentes tratamientos con ácido cítrico y almacenada en refrigeración (4±1°C).

**Cuadro 10:** Pérdida de peso (g) en yuca mínimamente procesada, almacenada en refrigeración (4±1°C).

| DÍAS | TRATAMIENTOS [1] | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 |
| 0 | 252,39±1,42$^{c}$ | 245,75±5,09$^{a}$ | 247,98±6,18$^{ab}$ | 250,62 ± 3,98$^{bc}$ | 246,76±0,91$^{ab}$ |
| 1 | 251,22±1,27$^{c}$ | 244,68±5,21$^{a}$ | 246,73±6,01$^{ab}$ | 248,98±3,90$^{bc}$ | 245,77±0,85$^{ab}$ |
| 2 | 250,33±1,14$^{c}$ | 243,81±5,30$^{a}$ | 245,72±5,98$^{ab}$ | 248,02±3,96$^{bc}$ | 244,91±0,65$^{ab}$ |
| 3 | 249,42±1,04$^{c}$ | 242,88±5,25$^{a}$ | 244,76±6,00$^{ab}$ | 247,05±3.92$^{bc}$ | 244,06±0,45$^{ab}$ |
| 4 | 248,06±1,68$^{c}$ | 242,03±5,49$^{a}$ | 243,76±5,94$^{ab}$ | 246,12±3,63$^{bc}$ | 243,22±0,32$^{ab}$ |
| 5 | 246,93±1,94$^{c}$ | 241,28±5,43$^{a}$ | 242,83±5,91$^{ab}$ | 245,19±3,41$^{bc}$ | 242,16±0,57$^{ab}$ |

FUENTE: “Elaboración propia”.

[1]T1: 0,0%, T2: 0,3 %, T3: 0,6 %, T4:0,9%, T5: 1,2 % % de ácido cítrico respectivamente. Los datos corresponden a la media ± SD, n = 3.
Valores con letras diferentes indican diferencia significativa.

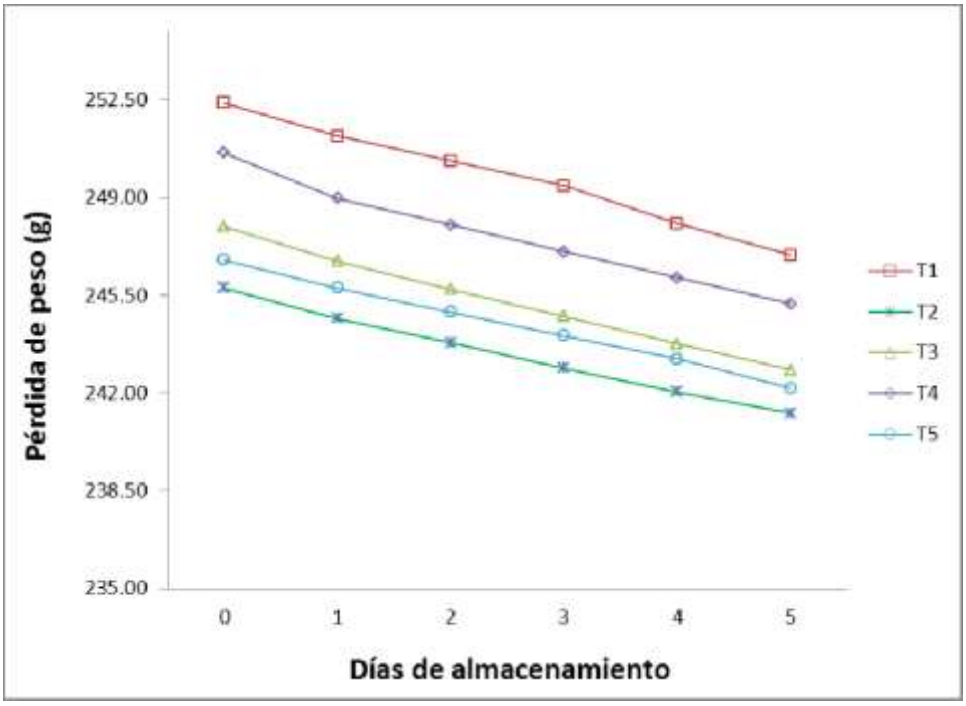
Se observó que la yuca mínimamente procesada al cumplir los cinco días de almacenamiento en refrigeración (4±1°C), los tratamientos T1, T2, T3, T4 y T5 obtuvieron una pérdida de 5,46; 4,47; 5,15; 5,43 y 4,60g, equivalente a un 2,16; 1,82; 2,08; 2,17 y 1,86% respectivamente, obteniendo así, un promedio de 2,01% de pérdida de peso durante los cinco días de almacenamiento.

ALVES (2009), menciona que la pérdida de peso de los pedazos o trozos de yuca, en los embalajes PS + PVC, vario entre 0 y 2,8% durante los 12 días de conservación. Determinó que los embalajes de PS + PVC no presentan una buena barrera al vapor de agua,

obteniendo mayor pérdida de masa durante su evaluación. Así mismo menciona que las pérdidas de hasta 3% son aceptables, valores por encima de estos dejan el producto con aspecto marchito o resecado, interfiriendo en la calidad visual y, consecuentemente su rechazo por el consumidor.

En la Figura 6, se muestra gráficamente los resultados de la pérdida de peso en la yuca mínimamente procesada, a diferentes tratamientos con ácido cítrico durante su almacenamiento en refrigeración (4±1°C).

**Figura 6:** Variación del peso en la yuca mínimamente procesada a diferentes tratamientos con ácido cítrico durante el almacenamiento en refrigeración (4±1°C).




FUENTE: “Elaboración propia”

**Determinación de los parámetros de color**

***Parámetro Luminosidad (L*)***

En el Cuadro 11, se muestra la variación del parámetro L* durante los días de almacenamiento de la yuca mínimamente procesada en diferentes tratamientos con ácido cítrico y almacenada en refrigeración (4±1°C).

**Cuadro 11:** Variación del parámetro L* en yuca mínimamente procesadas almacenadas en refrigeración (4±1°C).

| DÍAS | TRATAMIENTOS[1] | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 |
| 0 | 81,87±1,64[a] | 82,02±2,05[a] | 82,33±1,34[a] | 82,18±0,65[a] | 84,17±0,30[b] |
| 1 | 81,01±0,98[a] | 81,04±0,78[a] | 81,79 ±1,04[a] | 81,38±0,53[a] | 84,25±0,71[b] |
| 2 | 80,71±1,27[a] | 81,16±0,44[a] | 80,38±0,31[a] | 81,87±0,88[a] | 83,39±0,43[b] |
| 3 | 82,16±1,15[a] | 81,60±1,84[a] | 81,32±1,73[a] | 80,35±1,36[a] | 82,56±0,50[b] |
| 4 | 81,14±0,93[a] | 81,92±0,20[a] | 81,45±2,13[a] | 81,06±1,64[a] | 81,70±0,55[b] |
| 5 | 80,26±1,27[a] | 80,49±0,69[a] | 80,60±1,83[a] | 80,72±0,59[a] | 81,26±0,58[b] |

FUENTE: “Elaboración propia”.

L* Luminosidad: 0 = negro, 100 = blanco.[1]T1: 0,0%, T2: 0,3 %, T3: 0,6 %, T4:0,9%, T5: 1,2 % % de ácido cítrico respectivamente.
Los datos corresponden a la media ± SD, n = 3.
Valores con letras diferentes indican diferencia significativa.

Se observó que el efecto de los tratamientos tuvo diferencia significativa (p > 0,05) con el parámetro luminosidad (L*) durante el almacenamiento en refrigeración (4±1°C).de la yuca mínimamente procesada. La luminosidad (L*) presentó un comportamiento ligeramente decreciente en cada tratamiento. El T1 (sin ácido cítrico), presento valores con mayor disminución de luminosidad desde 81,87 a 80,26. Los Tratamientos T2, T3, T4, también mostraron una disminución del parámetro L*, desde 82,02 a 80,49, desde 82,33 a 80,60 y desde 82,18 a 80,72 respectivamente,

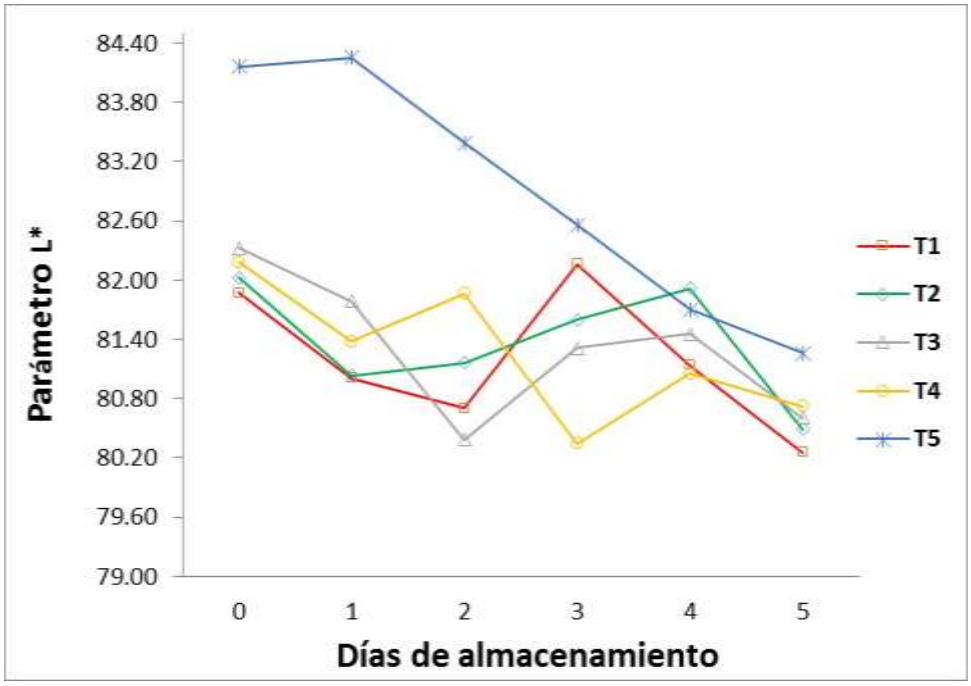
observando una ligera diferencia entre estos tratamientos de mayor a menor porcentaje de ácido cítrico que incide en la preservación de la luminosidad (L*) durante el almacenamiento. El T5 (1,2% de ácido cítrico), a diferencia de los demás tratamientos, es el que mostró mayor preservación de la luminosidad (L*), con valores desde 84,25 a 81,26, observando que la Luminosidad (L*) también tiende a disminuir durante los cinco días de almacenamiento.

CATARINA, *et al.* (2011), determinaron que las papitas y yucas procesadas mínimamente en rodajas y cortes longitudinales respectivamente, inmersas en solución de 0,3% de ácido cítrico + 0,3% de ácido ascórbico, mostraron mayor oscurecimiento, donde el parámetro L* en yuca tiende a disminuir durante los 15 días de almacenamiento.

HENRRIQUE (2011), observó que aparentemente el tratamiento con ácido cítrico a 5% no controló el oscurecimiento de forma significativa, pero un estudio detallado de la aplicación de ácido cítrico en diversas concentraciones con otros antioxidantes debe ser realizado.

En la Figura 7, se muestra gráficamente los resultados del parámetro L* en la yuca mínimamente procesada, a diferentes tratamientos con ácido cítrico durante su almacenamiento en refrigeración (4±1°C).

**Figura 7:** Variación del parámetro L* en la yuca mínimamente procesada a diferentes tratamientos con ácido cítrico durante el almacenamiento en refrigeración (4±1°C).




FUENTE: “Elaboración propia”

***Parámetro o coordenada a****

En el Cuadro 12, se muestra la variación del parámetro a* durante los días de almacenamiento de la yuca mínimamente procesada en diferentes tratamientos con ácido cítrico y almacenada en refrigeración (4±1°C).

**Cuadro 12:** Variación del parámetro a* en yuca mínimamente procesadas almacenadas en refrigeración (4±1°C).

| DIAS | TRATAMIENTOS[1] | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 |
| 0 | -1,96±0,44[a] | -1,67±0,14[a] | -2,012±0,86[a] | -1,95±0,19[a] | -1,92±0,04[a] |
| 1 | -1,93±0,35[a] | -1,49±0,15[a] | -1,770±0,24[a] | -2,04±0,12[a] | -2,00±0,08[a] |
| 2 | -2,09±0,53[a] | -2,03±0,39[a] | -1,981±0,30[a] | -2,01±0,23[a] | -2,09±0,08[a] |
| 3 | -2,09±0,61[a] | -2,01±0,53[a] | -1,947±0,49[a] | -1,83±0,30[a] | -2,01±0,16[a] |
| 4 | -2,15±0,51[a] | -1,82±0,10[a] | -2,029±0,40[a] | -2,09±0,58[a] | -1,87±0,24[a] |
| 5 | -2,48±0,42[a] | -1,90±0,09[a] | -2,224±0,48[a] | -2,26±0,23[a] | -1,88±0,09[a] |

FUENTE: “Elaboración propia”.

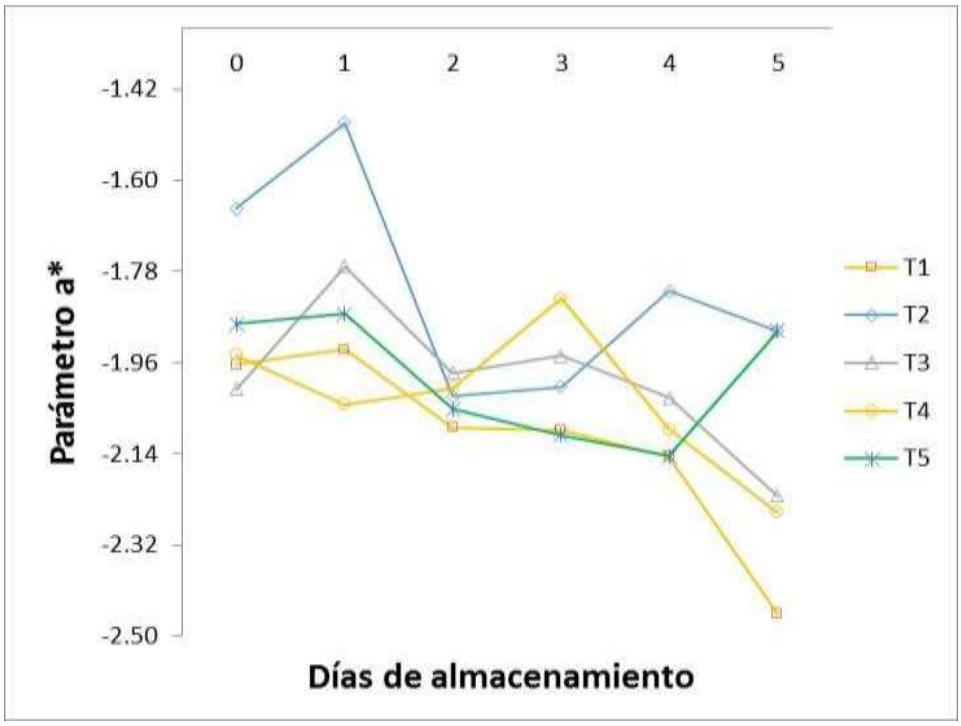
a* Tendencia al rojo: rojo (+) y verde (-).[1]T1: 0,0%, T2: 0,3 %, T3: 0,6 %, T4:0,9%, T5: 1,2 % % de ácido cítrico respectivamente.
Los datos corresponden a la media ± SD, n = 3.
Valores con letras diferentes indican diferencia significativa.

Se observó que el efecto de los tratamientos no tuvo diferencia significativa ($p > 0,05$) con el parámetro o coordenada a* durante el almacenamiento en refrigeración (4±1°C).de la yuca mínimamente procesada. El parámetro a* mostró un comportamiento ligeramente creciente durante los cinco días de almacenamiento. Los tratamientos T1, T2, T3, T4 y T5 presentaron valores negativos desde -1,96 a -2,48; -1,67 a -1,90; -2,02 a -2,24; -1,95 a -2,26 y -1,92 a -1,88 respectivamente, indicando que el parámetro o coordenada a* tiende a aumentar la intensidad del color verde durante el almacenamiento.

HENRIQUE (2010), observó que en la yuca mínimamente procesada, el parámetro a* presento una reducción de su valor durante el almacenamiento, presentando valores negativos en todos los tratamientos, obteniendo mejores resultados en el tratamiento al vacío en film recubierta con 3% de almidón y film 5% con glicerol, obteniendo valores de -1,2 a -0,3.

En la Figura 8, se muestra gráficamente los resultados del parámetro a* en la yuca mínimamente procesada, a diferentes tratamientos con ácido cítrico durante su almacenamiento en refrigeración (4±1°C).

**Figura 8:** Variación del parámetro a* en la yuca mínimamente procesada a diferentes tratamientos con ácido cítrico durante el almacenamiento en refrigeración (4±1°C).




FUENTE: “Elaboración propia”

***Parámetro o coordenada b****

En el Cuadro 13, se muestra la variación parámetro b* durante los días de almacenamiento de la yuca mínimamente procesada en diferentes tratamientos con ácido cítrico y almacenada en refrigeración (4±1°C).

**Cuadro 13:** Variación del parámetro b* en yuca mínimamente procesadas almacenadas en refrigeración (4±1°C).

| DÍAS | TRATAMIENTOS[1] | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 |
| 0 | 13,74 ±0,76[b] | 12,27±0,65[a] | 12,50±0,55[a] | 12,45±0,21[a] | 11,58 ±0,16[a] |
| 1 | 12,76 ±0,94[b] | 12,06±0,55[a] | 12,49±0,20[a] | 12,66±0,33[a] | 12,37 ±0,36[a] |
| 2 | 13,45 ±1,11[b] | 11,99±0,49[a] | 12,28±0,09[a] | 12,48±0,49[a] | 12,23 ±0,09[a] |
| 3 | 12,79 ±1,30[b] | 12,80±0,62[a] | 12,41±0,37[a] | 11,96±0,87[a] | 12,14 ±0,26[a] |
| 4 | 13,54±1,34[b] | 12,08±0,34[a] | 12,57±0,30[a] | 12,06±0,63[a] | 12,35 ±0,17[a] |
| 5 | 14,01±1,65[b] | 13,01±0,38[a] | 12,64±0,25[a] | 12,62±0,49[a] | 12,37± 0,08[a] |

FUENTE: “Elaboración propia”.

b* Tendencia al amarillo: amarillo (+) y azul (-).[1]T1: 0,0%, T2: 0,3 %, T3: 0,6 %, T4:0,9%, T5: 1,2 % % de ácido cítrico respectivamente.
Los datos corresponden a la media ± SD, n = 3.
Valores con letras diferentes indican diferencia significativa.

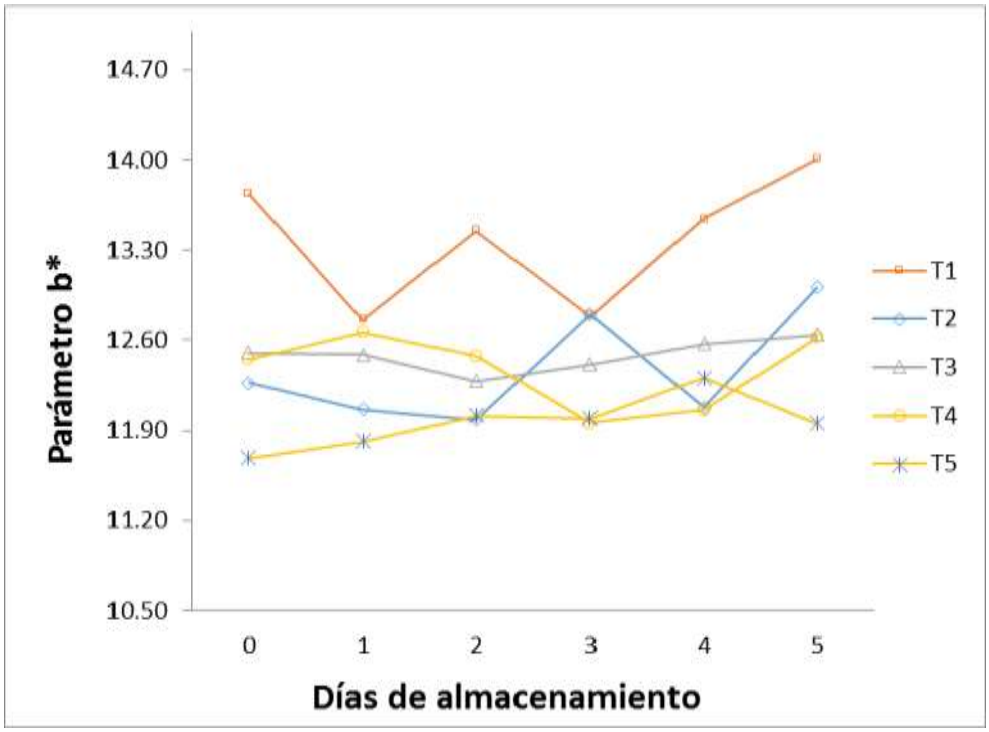
El parámetro o coordenada b* en los tratamientos T1, T2, T3, T4 y T5 presentaron valores desde 13,74 a 14,01; 12,27 a 13,01; 12,50 a 12,64; 12,45 a 12,62 y 11,58 a 12,37 respectivamente, observando que el tratamiento T1 presentó mayor aumento de la coordenada b*, con tendencia a aumentar la intensidad del color amarillo, esto, debido a que este tratamiento no fue sometido a inmersión con ácido cítrico, a diferencia de los tratamientos T2, T3, T4 y T5 presentaron un comportamiento homogéneo, con un ligero aumento del parámetro b*, pero el tratamiento T5 (1,2% de ácido cítrico) presentó menor aumento de este parámetro b*, evitando el aumento de la intensidad del color amarillo durante cinco días de almacenamiento en refrigeración (4±1°C) de yuca mínimamente procesada, observando diferencia significativa ($p < 0,05$) entre los tratamientos.

HENRIQUE (2010), verificó que en la yuca mínimamente procesada el parámetro b*, presento valores positivos durante su almacenamiento, obteniendo mejores resultados en el tratamiento

al vacío en film recubierta con 3% de almidón y film 5% con glicerol, obteniendo valores de 19,0 a 27,0.

En la Figura 9, se muestra gráficamente los resultados del parámetro b* en la yuca mínimamente procesada, a diferentes tratamientos con ácido cítrico durante su almacenamiento en refrigeración (4±1°C).

**Figura 9:** Variación del parámetro b* en la yuca mínimamente procesada a diferentes tratamientos con ácido cítrico durante el almacenamiento en refrigeración (4±1°C).




FUENTE: “Elaboración propia”

***Parámetro croma (C)***

En el Cuadro 14, se muestra la variación del parámetro cromaticidad (C) durante los días de almacenamiento de la yuca mínimamente procesada en diferentes tratamientos con ácido cítrico y almacenada en refrigeración (4±1°C).

**Cuadro 14:** Variación del parámetro cromaticidad (C) en yuca mínimamente procesadas almacenadas en refrigeración (4±1°C).

| DÍAS | TRATAMIENTOS[1] | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 |
| 0 | 13,89 ± 0,80[b] | 12,38 ± 0,63[a] | 12,68 ± 0,65[a] | 12,61 ± 0,20[a] | 11,74 ± 0,15[a] |
| 1 | 12,91 ± 0,96[b] | 12,15 ± 0,53[a] | 12,61 ± 0,20[a] | 12,82 ± 0,33[a] | 12,53 ± 0,37[a] |
| 2 | 13,62 ± 1,04[b] | 12,16 ± 0,42[a] | 12,44 ± 0,06[a] | 12,61 ± 0,49[a] | 12,41 ± 0,10[a] |
| 3 | 12,97 ± 1,25[b] | 12,97 ± 0,54[a] | 12,57 ± 0,42[a] | 12,08 ± 0,87[a] | 12,31 ± 0,28[a] |
| 4 | 13,72 ± 1,30[b] | 12,21 ± 0,33[a] | 12,74 ± 0,36[a] | 12,20 ± 0,63[a] | 12,50 ± 0,20[a] |
| 5 | 14,22 ± 1,65[b] | 13,15 ± 0,18[a] | 12,84 ± 0,33[a] | 12,79 ± 0,49[a] | 12,52 ± 0,07[a] |

FUENTE: “Elaboración propia”.

Cromaticidad: Saturación. [1]T1: 0,0%, T2: 0,3 %, T3: 0,6 %, T4:0,9%, T5: 1,2 % % de ácido cítrico respectivamente.
Los datos corresponden a la media ± SD, n = 3.
Valores con letras diferentes indican diferencia significativa.

Los valores del parámetro cromaticidad o saturación (C) mostraron diferencia significativa ($p < 0,05$) entre los tratamientos con ácido cítrico en la yuca mínimamente procesada durante su almacenamiento en refrigeración (4±1°C). Se observó que el tratamiento T1 (sin ácido cítrico) mostró valores crecientes del croma, de13,89 a 14,22, así como también el tratamiento T2 (0,6% de ácido cítrico) presento un ligero crecimiento de 12,38 a 13,15, a diferencia del tratamiento T3 (0,6% de ácido cítrico) y T4 (0,9% de ácido cítrico) no hubo significativa variación y aumento del croma obteniendo valores de 12,68 a 12, 84; de 12,61 a 12,79 respectivamente. En el tratamiento T5 se obtuvieron valores de croma (C) menores que los de más tratamientos, de 11,74 a 12,52, mostrando un comportamiento constante durante los cinco días en refrigeración.

***Parámetro Hunter (Hue°)***

En el Cuadro 15, se muestra la variación del parámetro Hue° durante los días de almacenamiento de la yuca mínimamente procesada en diferentes tratamientos con ácido cítrico y almacenada en refrigeración (4±1°C).

**Cuadro 15:** Variación del parámetro Hue° en yuca mínimamente procesadas almacenadas en refrigeración (4±1°C).

| DÍAS | TRATAMIENTOS [1] | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 |
| 0 | 81,89±1,51[a] | 82,28±0,98[a] | 80,96±3,59[a] | 81,12±0,92[a] | 80,84±0,38[a] |
| 1 | 81,40±1,34[a] | 82,94±1,00[a] | 81,93±1,11[a] | 80,83±0,53[a] | 81,05±0,39[a] |
| 2 | 81,06±2,74[a] | 80,35±2,16[a] | 80,84± 1,39[a] | 80,82±1,38[a] | 80,31±0,31[a] |
| 3 | 80,64±2,77[a] | 81,02±2,66[a] | 81,12±2,27[a] | 81,26±1,45[a] | 80,05±0,87[a] |
| 4 | 80,91±2,46[a] | 81,43±0,64[a] | 80,86±1,60[a] | 80,15± 2,74[a] | 80,11±1,92[a] |
| 5 | 80,02±1,66[a] | 81,70±0,28[a] | 80,05±1,89[a] | 79,87±1,04[a] | 80,97±0,56[a] |

FUENTE: “Elaboración propia”.

H°: Matriz de color, expresados en grados. [1]T1: 0,0%, T2: 0,3 %, T3: 0,6 %, T4:0,9%, T5: 1,2 % % de ácido cítrico respectivamente.
Los datos corresponden a la media ± SD, n = 3.
Valores con letras diferentes indican diferencia significativa.

Los valores del parámetro Hunter (Hue°) obtenidos no mostraron diferencia significativa ($p > 0,05$) en los tratamientos durante el almacenamiento en refrigeración de la yuca mínimamente procesada. Obteniendo resultados para T1, T2, T3, T4 y T5 desde 81,89 a 80,02; de 82,28 a 81,70; de 80,96 a 80,05; de 81,12 a 79,87; y de 80,84 a 80,97 respectivamente, observando una ligera variación en la disminución de los ángulos en los tratamientos T1, T2, T3, y T4, a diferencia del T5 (1,2% de ácido cítrico) presentó un comportamiento constante durante los primeros cuatro días y en el día cinco mostró un ligero aumento del parámetro Hue°.

CATARINA, *et al.,* (2011), determinaron que las yucas procesadas mínimamente en rodajas y cortes longitudinales respectivamente, inmersas en solución de 0,3% de ácido cítrico + 0,3% de ácido ascórbico, presentaron menores valores de Hunter (Hue°) para el tratamiento control (bandeja de polipropileno cubierta con PVC).

### 4.2.2. Análisis sensorial

#### Atributo color

En el Cuadro 16, se muestra el rango de preferencia del atributo color de la yuca mínimamente procesada en diferentes tratamientos con ácido cítrico y almacenada en refrigeración (4±1°C).

**Cuadro 16:** Rango de preferencia en atributo color en la yuca mínimamente procesada, almacenada a refrigeración (4°±1C).

| TRATAMIENTOS[1] | N | Rango de preferencia (%) |
|---|---|---|
| T1 (0,0%) | 21 | 42,62 |
| T2 (0,3%) | 21 | 43,88 |
| T3 (0,6%) | 21 | 59,31 |
| T4 (0,6%) | 21 | 53,21 |
| T5 (1,2%) | 21 | 65,98 |
| **Total** | 105 | |

| Estadístico de contraste[a,b] | |
|---|---|
| **Chi cuadrado** | 10,599 |
| **g.l** | 4 |
| **Sig.** | 0,031 |

FUENTE: “Elaboración propia”.
[1]Ácido cítrico.
a. Prueba de Kruskal-Wallis
b. Variable de agrupación

En el análisis sensorial en atributo color, los resultados mostraron diferencia significativa ($p < 0,05$) en los diferentes tratamientos con ácido cítrico durante el almacenamiento en refrigeración de la yuca mínimamente procesada. En el cuadro se observa que el tratamiento T5 (1,2% de ácido cítrico) obtuvo un 65,98% de preferencia por parte de los panelistas en este atributo. Así como también los tratamientos T3 (0,6% de ácido cítrico) y T4 (0,9% de ácido cítrico) mostraron valores de 59,31 y 53,21% de preferencia, por lo tanto el tratamiento T5 (1,2% de ácido cítrico) es el que obtuvo mayor porcentaje de aceptación en el análisis sensorial en estos atributos.

**Atributo sabor**

En el Cuadro 17, se muestra el rango de preferencia del atributo sabor de la yuca mínimamente procesada en diferentes tratamientos con ácido cítrico y almacenada en refrigeración (4±1°C).

**Cuadro 17:** Rango de preferencia en atributo sabor en la yuca mínimamente procesada, almacenada a refrigeración (4±1°C).

| TRATAMIENTOS[1] | N | Rango de preferencia (%) |
|---|---|---|
| T1 (0,0%) | 21 | 33,40 |
| T2 (0,3%) | 21 | 49,00 |
| T3 (0,6%) | 21 | 55,69 |
| T4 (0,6%) | 21 | 62,60 |
| T5 (1,2%) | 21 | 64,31 |
| **Total** | 105 | |

| Estadístico de contraste[a,b] | |
|---|---|
| **Chi cuadrado** | 16,206 |
| **g.l** | 4 |
| **Sig.** | 0,03 |

FUENTE: "Elaboración propia".
[1]Ácido cítrico.
a. Prueba de Kruskal-Wallis
b. Variable de agrupación

En el análisis sensorial de atributo sabor, los resultados mostraron diferencia significativa ($p < 0,05$) en los diferentes tratamientos con ácido cítrico durante el almacenamiento en refrigeración (4±1°C) de la yuca mínimamente procesada. En el cuadro se observa que el tratamiento T5 (1,2% de ácido cítrico) obtuvo un 64,31% de preferencia por parte de los panelistas en el atributo sabor. Así como también los tratamientos T3 (0,6% de ácido cítrico) y T4 (0,9% de ácido cítrico) mostraron valores de 55,69 y 62,60% de preferencia, por lo tanto el tratamiento T5 (1,2% de ácido cítrico) es el que obtuvo mayor porcentaje de aceptación para este atributo.

**Atributo textura**

En el Cuadro N° 18, se muestra el rango de preferencia del atributo textura de la yuca mínimamente procesada en diferentes tratamientos con ácido cítrico y almacenada en refrigeración (4±1°C).

**Cuadro 18:** Rango de preferencia en atributo textura en la yuca mínimamente procesada, almacenada a refrigeración (4±1°C).

| TRATAMIENTOS[1] | N | Rango de preferencia (%) |
|---|---|---|
| T1 (0,0%) | 21 | 44,21 |
| T2 (0,3%) | 21 | 52,29 |
| T3 (0,6%) | 21 | 47,83 |
| T4 (0,6%) | 21 | 57,07 |
| T5 (1,2%) | 21 | 63,60 |
| **Total** | 105 | |

| Estadístico de contraste[a,b] | |
|---|---|
| **Chi cuadrado** | 6,266 |
| **g.l** | 4 |
| **Sig.** | 0,180 |

FUENTE: “Elaboración propia”.
[1]Ácido cítrico.
a. Prueba de Kruskal-Wallis
b. Variable de agrupación

Los resultados del análisis sensorial con respecto al atributo textura no mostraron diferencia significativa (p > 0,05) entre tratamientos Durante el almacenamiento en refrigeración de la yuca mínimamente procesada. A diferencia de los demás tratamientos, el T5 (1,2% de ácido cítrico) es el que obtuvo mayor porcentaje de aceptación o preferencia entre los panelistas, obteniendo un porcentaje de 63,60 %.

**Atributo olor**

En el Cuadro 19, se muestra el rango de preferencia del atributo olor de la yuca mínimamente procesada en diferentes tratamientos con ácido cítrico y almacenada en refrigeración (4±1°C).

**Cuadro 19:** Rango de preferencia en atributo olor en la yuca mínimamente procesada, almacenada a refrigeración (4±1°C).

| TRATAMIENTOS[1] | N | Rango de preferencia (%) |
|---|---|---|
| T1 (0,0%) | 21 | 32,67 |
| T2 (0,3%) | 21 | 43,19 |
| T3 (0,6%) | 21 | 60,31 |
| T4 (0,6%) | 21 | 58,50 |
| T5 (1,2%) | 21 | 70,33 |
| **Total** | 105 | |

| Estadístico de contraste[a,b] | |
|---|---|
| **Chi cuadrado** | 24,190 |
| **g.l** | 4 |
| **Sig.** | 0,000 |

FUENTE: “Elaboración propia”.
[1]Ácido cítrico.
a. Prueba de Kruskal-Wallis
b. Variable de agrupación

En el análisis sensorial en atributo olor, los resultados mostraron diferencia significativa ($p < 0,05$) en los diferentes tratamientos con ácido cítrico durante el almacenamiento en refrigeración (4±1°C) de la yuca mínimamente procesada. En el cuadro se observa que el tratamiento T5 (1,2% de ácido cítrico) obtuvo un 70,33% de preferencia por parte de los panelistas en este atributo. Así como también los tratamientos T3 y T4 mostraron valores de 60,31 y 58,50% de preferencia, por lo tanto el tratamiento T5 (1,2% de ácido cítrico) es el que obtuvo mayor porcentaje de aceptación en el análisis sensorial para este atributo.

**Atributo apariencia general**

En el Cuadro 20, se muestra el rango de preferencia del atributo de apariencia general de la yuca mínimamente procesada en diferentes tratamientos con ácido cítrico y almacenada en refrigeración (4±1°C).

**Cuadro 20:** Rango de preferencia en atributo de apariencia general en la yuca mínimamente procesada, almacenada a refrigeración (4±1°C).

| TRATAMIENTOS[1] | N | Rango de preferencia (%) |
|---|---|---|
| T1 (0,0%) | 21 | 41.57 |
| T2 (0,3%) | 21 | 43.93 |
| T3 (0,6%) | 21 | 57.71 |
| T4 (0,6%) | 21 | 60.38 |
| T5 (1,2%) | 21 | 61.40 |
| **Total** | 105 | |

| Estadístico de contraste[a,b] | |
|---|---|
| **Chi cuadrado** | 9,309 |
| **g.l** | 4 |
| **Sig.** | 0,054 |

FUENTE: “Elaboración propia”.
[1]Ácido cítrico.
a. Prueba de Kruskal-Wallis
b. Variable de agrupación

Los resultados del análisis sensorial con respecto al atributo apariencia general no mostraron diferencia significativa ($p > 0,05$) entre tratamientos durante el almacenamiento en refrigeración de la yuca mínimamente procesada. A diferencia de los demás tratamientos, el T5 (1,2% de ácido cítrico) es el que obtuvo mayor porcentaje de aceptación o preferencia entre los panelistas, obteniendo un porcentaje de 61,40 %.

CORNEJO, *et al.,* (2007), verificaron que la yuca sometida a tratamiento con ácido cítrico a 0,9 %, por 1 minuto, mantuvo sus características sensoriales por más tiempo. El método de inactivación enzimática utilizado permitió la obtención de yuca de buena calidad sensorial y de mayor vida útil.

FERREIRA, *et al*., (2007), verificaron que la yuca cacau sometida a tratamiento con ácido cítrico a 0,9 %, por 1 minuto, mantuvo sus características sensoriales por más tiempo. Estos resultados demuestran que a mayor concentración de ácido cítrico, se mantienen las características sensoriales del producto.

## 4.3. Prueba de hipótesis

### 4.3.1. Análisis fisicoquímico

En el Cuadro 21, se muestra el Análisis de variancia (ANVA) para la prueba de hipótesis en los análisis fisicoquímicos de la yuca mininamente procesada, sometida a diferentes tratamientos con ácido cítrico y almacenada en refrigeración (4±1°C).

**Cuadro 21:** ANVA en el análisis fisicoquímico de la yuca mínimamente procesada sometida a diferentes tratamientos con ácido cítrico.

| Variable dependiente | Suma de cuadrados tipo III | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| pH | 0.27 | 4 | 0.07 | 30.38 | 0.00 |
| Porcentaje de acidez | 0.00 | 4 | 0.00 | 0.91 | 0.46 |
| Pérdida de peso | 464.62 | 4 | 116.16 | 9.57 | 0.00 |
| Parámetro L* | 37.41 | 4 | 9.35 | 7.76 | 0.00 |
| Parámetro a* | 0.85 | 4 | 0.21 | 1.77 | 0.14 |
| Parámetro b* | 19.80 | 4 | 4.95 | 11.23 | 0.00 |
| Parámetro Croma | 20.29 | 4 | 5.07 | 11.50 | 0.00 |
| Matriz de color (Hue°) | 12.33 | 4 | 3.08 | 1.28 | 0.29 |

FUENTE: “Elaboración propia”.

En el Análisis de Varianza (ANVA), el pH de la yuca mínimamente procesada mostro diferencia significativa ($p < 0,05$) entre los tratamientos. Mediante la prueba de comparación múltiple de medias el tratamiento T5 (1,2% de ácido cítrico) presentó diferencia significativa ($p < 0,05$) con todos los tratamientos (Ver anexo Cuadro 37).

Los resultados del Análisis de Varianza (ANVA) del porcentaje de acidez de la yuca mínimamente procesada durante el almacenamiento en refrigeración, no mostró diferencia significativa ($p > 0,05$) entre los tratamientos.

Los resultados de Análisis de Varianza (ANVA) en pérdida de peso de la yuca mínimamente procesada durante el almacenamiento en refrigeración, mostraron diferencia significativa ($p < 0,05$) entre los tratamientos. Mediante la prueba de comparación múltiple de Tukey (Ver Anexo cuadro 38) se observó que el Tratamiento T5 (1,2% de ácido cítrico) mostró diferencia significativa con todos los tratamientos a excepción con el tratamiento T4 (0,9% de ácido cítrico) no hubo diferencia significativa.

En el Análisis de Varianza (ANVA), el parámetro de luminosidad (L*) de la yuca mínimamente procesada mostró diferencia significativa ($p < 0,05$) entre los tratamientos. Mediante la prueba de comparación múltiple medias de Tukey (Ver Anexo cuadro 39) el tratamiento T5 (1,2% de ácido cítrico) presentó diferencia significativa ($p < 0,05$) con todos los tratamientos.

Los resultados de Análisis de Varianza (ANVA) en el parámetro o coordenada a* de la yuca mínimamente procesada durante el almacenamiento en refrigeración, no mostró diferencia significativa ($p < 0,05$) entre los tratamientos.

Los resultados del Análisis de Varianza (ANVA) del parámetro o coordenada b* de la yuca mínimamente procesada durante el almacenamiento en refrigeración, mostró diferencia significativa ($p < 0,05$) entre los tratamientos. Mediante la prueba de comparación múltiple medias de Tukey (Ver Anexo cuadro) el tratamiento T5 (1,2% de ácido cítrico) presentó diferencia significativa ($p < 0,05$) solo con el tratamiento T1 (0,0% de ácido cítrico) mas no se observó diferencia significativa ($p > 0,05$) con los demás tratamientos (Ver Anexo Cuadro 40).

En el Análisis de Varianza (ANVA) del croma (C) de la yuca mínimamente procesada durante el almacenamiento en refrigeración, mostro diferencia significativa ($p < 0,05$) entre los tratamientos (Ver Anexo cuadro 28). Mediante la prueba de

comparación múltiple medias de Tukey (Ver Anexo cuadro), el tratamiento T5 (1,2% de ácido cítrico) presentó diferencia significativa (p > 0,05) solo con el tratamiento T1 (0,0% de ácido cítrico) mas no se observó diferencia significativa (p > 0,05) con los demás tratamientos (Ver Anexo Cuadro 41).

En el ANVA para el parámetro Hunter (Hue°) de la yuca mínimamente procesada durante el almacenamiento en refrigeración, los resultados no mostraron diferencia significativa (p > 0,05) entre los tratamientos.

### 4.3.2. Análisis sensorial

En el Cuadro 22, se muestra el Análisis de variancia (ANVA) para la prueba de hipótesis en los análisis fisicoquímicos de la yuca mininamente procesada, sometida a diferentes tratamientos con ácido cítrico y almacenada en refrigeración (4±1°C).

**Cuadro 22:** ANVA para el contraste de hipótesis en el análisis sensorial de la yuca mínimamente procesada sometida a diferentes tratamientos con ácido cítrico.

| | COLOR | SABOR | TEXTURA | OLOR | APARIENCIA GENERAL |
|---|---|---|---|---|---|
| Chi-cuadrado | 10,599 | 16,206 | 6,266 | 24,190 | 9,309 |
| Gl | 4,000 | 4,000 | 4,000 | 4,000 | 4,000 |
| Sig. | 0,031 | 0,003 | 0,180 | 0,000 | 0,054 |

FUENTE: “Elaboración propia”.

Prueba de Kruskal-Wallis

La prueba de Kruskal-Wallis en el atributo color mostró diferencia significativa (p < 0,05) entre los tratamientos, mediante la prueba de comparación múltiple de Dunnet (Ver Anexo Cuadro 42) se observó que el tratamiento T5 (1,2% de ácido cítrico) presentó diferencia significativa (p < 0,05) con los tratamientos T1 (0,0% de ácido cítrico) y T2(0,3% de ácido

cítrico), pero no hubo diferencia significativa ($p > 0,05$) con los tratamientos T3 (0,6% de ácido cítrico) y T4 (0,9% de ácido cítrico).

La prueba de Kruskal-Wallis en el atributo sabor mostro diferencia significativa ($p < 0,05$) entre los tratamientos, mediante la prueba de comparación múltiple de Dunnet (Ver Anexo Cuadro 43) se observó que el tratamiento T5 presentó diferencia significativa ($p < 0,05$) con los tratamientos T1 y T2, pero no hubo diferencia significativa ($p > 0,05$) con los tratamientos T3 y T4.

La prueba de Kruskal-Wallis en el atributo textura no mostró diferencia significativa ($p > 0,05$) entre los tratamientos.

La prueba de Kruskal-Wallis en el atributo olor mostró diferencia significativa ($p < 0,05$) entre los tratamientos, mediante la prueba de comparación múltiple de Dunnet (Ver Anexo Cuadro 44) se observó que el tratamiento T5 presentó diferencia significativa ($p < 0,05$) con los tratamientos T1 y T2, pero no hubo diferencia significativa ($p > 0,05$) con los tratamientos T3 y T4.

La prueba de Kruskal-Wallis en el atributo apariencia general no mostró diferencia significativa ($p > 0,05$) entre los tratamientos.

## CONCLUSIONES

El pH aumentó en todos los tratamientos durante el almacenamiento de la yuca MP, pero el tratamiento T5 (1,2% de ácido cítrico) es el que presento menores valores que los demás tratamientos.

Durante el almacenamiento, el porcentaje de acidez descendió en todos los tratamientos.

La yuca MP mostró tendencia a perder peso durante su almacenamiento, obteniendo un promedio total de 2.01%.

La yuca MP sometida al tratamiento con 1,2 % de ácido cítrico conservó el color durante almacenamiento en refrigeración (4±1°C), obteniendo menores valores en los parámetros L*, a*, b*, cromaticidad (C) y Matriz de color (Hue°).

La yuca MP sometida al tratamiento con 1,2% de ácido cítrico obtuvo mayor porcentaje de preferencia por parte de los panelistas en los atributos sensoriales como Color; sabor, textura, olor, y apariencia general.

La yuca MP que presentó mejor inhibición del oscurecimiento enzimático durante el almacenamiento en refrigeración fue aquella sometida a inmersión en una solución de ácido cítrico al 1,2% durante 1 minuto.

## SUGERENCIAS

Evaluar el efecto de otros aditivos o antioxidantes y la combinación de estos para la inhibición del oscurecimiento enzimático de la yuca MP.

Determinar la actividad enzimática de la yuca MP durante su almacenamiento en refrigeración.

Evaluar el comportamiento fisicoquímico en otros tipos de envases y a diferentes condiciones de envasado (AM o AC) y diferentes tipos de envases.

## BIBLIOGRAFÍA


AGUILA, J. (2004). Procesamiento Mínimo de Rabanetes: Estudios Fisicoquímicos, Fisiológicos y Microbiológicos. Especialización (Maestría en Agronomía) – Escuela Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidad de San Pablo, Piracicaba /SP.

ALVES, A; LUIS, R; STUART, G; VALDUGA, E. (2004). Alteraciones en la Calidad de raíces (*Manihot esculenta* Crantz), Mínimamente Procesadas. Cienc.agrotec. v.29n.2 Labras. [online]. Citado 2014-05-25. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542005000200009.

ALVES, E. (2009). Deterioración pos cosecha de la yuca mínimamente procesada. [online] Citado 2014-04-29. Disponible en: http://www.tede.ufv. br/tedesimplificado./tde_arquivos/19/TDE-2009-0817T0520341949/Publico/ texto%20completo.pdf.

BELLOSO, O.; ROJAS, M. (2005). Factores que Afectan la Calidad. In: AGUILAR, G; GARDEA, A. Y NAVARRO, F. (ed.). Nuevas Tecnologías de Conservación de Productos Vegetales Frescos Cortados. 1. ed. México. cap. 5, p.77-91.

CALDERÓN, M. (2006). Los Vegetales frescos cortados en Costa Rica. In: Encuentro Nacional sobre Procesamiento Mínimo de Frutas y Hortalizas. “Simposio Ibero-Americano de Vegetales frescos cortados, IV, San Pedro. “Palestras, resúmenes, flujogramas y oficinas, Sam Pedro/SP, USP/ESALQ, p. 81-92.

CANO, M.; SÁNCHEZ, C.; PASCUAL, S.; ANCOS, B. 2005. Procesado mínimo y valor nutricional. IN: AGUILAR, G; GARDEA, A. Y NAVARRO, F. (ed.). Nuevas Tecnologías de Conservación de Productos Vegetales frescos cortados. México, cap. 7, p.119-149.

CANOVAS, G.; MOLINA, J.; ALZAMORA, S.; TAPIA, M.; MALO, A.; CHANES, J. (2003). Handling and preservation of fruits and vegetables by combined methods for rural areas. Serie FAO Agricultural Services Bulletins, Manual técnico, 149, 106 p. [online]. 2010, Citado 2013-04-24 Disponible en: <www.fao.org/documents/ pub_ dett.asp?pub_id=12631elang =e n>.

CORRAL, Y. (2009). Validez y confiabilidad de los instrumentos de investigación para la recolección de datos. Vol. 19. p.p. 228-247. [online). Citado: 2014-06-03.

CEDEÑO, J.; MALDONADO, M. (2003). Comercialización de la yuca en snack al mercado Mexicano. [online]. Citado: 2013-04-26. Disponible en: http://repositorio. ute.edu.ec/bitstream/123456789/7302/1/22754_1.pdf

CHITARRA, M. (2001). Alimentos Mínimamente Procesados. Textos académicos. Universidad Federal de Lavras, MG.

CORNEJO, P.; FERREIRA, C.; NASCIMIENTO, D.; PEREIRA, C.; SANTOS, S.; MONTELO, D. (2007). Evaluación de los Métodos de Inactivación Enzimática en yuca (Manihot esculenta Crantz) Mínimamente Procesadas. Simposio Brasilero de Poscosecha. Frutas, hortalizas y flores. “Palestras y Resúmenes”. Viçosa – MG. Tomo II. Ed. Ufv.p.314.

DA ROCHA, R. (2007). Determinación de las Características Fisicoquímicas y Calidad de Batatas Mínimamente Procesadas Sometidas a Tratamientos con Ácido cítrico y Metabisulfito de Sodio. [online]. Citado 2013-04-22. Disponible en: http://www. gec.faced.ufba.br/twiki/pub/PGNUT/Dissertacoes Defendidas 20062007/ Disserta%E7%E3o_Rosemary_da_Rocha_2005.pdf

DE LACERADA, L. (2005). Caracterización Física, Química, Sensorial y Nutricional de Batatas Mínimamente Procesadas. Universidad de Brasilia. [online]. 2010, Citado 2014-04-26. Disponible en: www.cnph.embrapa.br /paginas/serie.../cot_24.pdf.

FERNANDO, L. (2013). Evaluación del comportamiento fisicoquímico pos cosecha del plátano Dominico Harton (Mussa ABB Simmonds) Cultivado en el Municipio de Belalcazar (Caldas).

FERREIRA, C.; CORNEJO, P.; PEREIRA, J.; NASCIMIENTO, D.; SANTOS, A.; MONTELO, D. (2007). Evaluación de los Métodos de Inactivación Enzimática en Yuca cacau Mínimamente Procesadas. Simposio Brasilero de Poscosecha. Frutas, Hortalizas y Flores. “Palestras y Resúmenes”. Vicosa – MG. t. 2. Ed. Ufv.pag.314.

GIL, M.; ROJANO, B.; GUERRERO, C. (2008). Inhibición de la Polifenol oxidasa extraída del banano (Cavendish) por medio de algunos derivados de isoespintanol. isoespintanol. [online]. 2010, Citado 2014-04-26. Disponible en: http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567.

GONZÁLEZ, M.; LOBO, M. (2005). Técnicas de procesamiento. In: AGUILAR, G.; GARDEA, A.; NAVARRO, F. (ed.). Nuevas Tecnologías de Conservación de Productos Vegetales frescos cortados. México, cap. 6, p.97-112.

GONÇALVES, C; MONTEIRO, J; FERRAZ, N; TOMIE, S; CLAIRE, G; MINORU, J. (2011). Processamento Mínimo de Batatinhas y Mandiocas. [online] Citado 2014-04-20. Disponible en: http://www.cnpm.embrapa.br/ciic/5ciic/ anais/Artigos/RE11233.pdf.

HENRIQUE, C. (2010). Alteraciones fisiológicas en raíces de mandioca mínimamente procesadas. [online] Citado 2014-04-. Disponible en: http://www.aptaregional.spgov.br/indexphpoption=com_docman&task=doc

INGA, H.; LÓPEZ, J. (2001). Diversidad de yuca (Manihot esculenta Crantz). Loreto-Perú. IIAP. [Online]. Citado. 2013-05-13. Disponible en: http://www.iiap.org.pe /Publicaciones/ PublicacionesListar.aspx?TabId=5. p.

MARSHALL, M.; KIM, J.; WEI, C. (2000). Enzymatic Browning in Fruits, Vegetables and Seafoods. [Online]. Citado. 2013-05-26. Disponible en. http://www.fao.org/ag/Ags/agsi/ENZYMEFINAL/Enzymatic%20Browning.hm

MARTINS, M.; ARNEZ, E.; PEREIRA, M.; BEZERRA, F.; NASCIMENTO, A.; PUSHMAN, R. (2011). Tecnología de Procesamiento Mínimo de Frutas y Hortalizas. UFV- MG. www.ufv.br

MINISTERIO NACIONAL DE AGRICULTURA Y RIEGO (MINAGRI). (2013). Estadística de Producción de yuca en el Departamento de Ucayali.

OJEDA, B. (2006). Proyecto de Factibilidad para la Producción y Exportación de yuca fresca parafinada (Mandioca) al mercado del Reino Unido. [online]. Citado. 2013-05-22. Disponible en: http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream /12 3456789 /72 1 0 /1 /32009_1.pdf

PILON, L. (2003). Establecimiento de la vida útil de hortalizas mínimamente procesadas sobre atmosfera modificada e refrigeración. Especialización (Maestría y Ciencias), Escuela Superior de Agricultura “Luíz de Queiroz”, Universidad de Sam Pablo. Piracicaba/Sam Pablo.

SILVA Y AQUINO. 2005. AGUILAR, G; GARDEA, A Y NAVARRO, F. ed. Nuevas Tecnologías de Conservación de Productos Vegetales frescos cortados. México, cap. 9, p.177-209.

SILVA, E.; CARNELOSSI, M.; JACOMINO, A.; PUSCHMANN, R.; SOARES, N.; ALVES, R.; MOSCA, J.; FILGUEIRAS, H.; BASTOS, M.; SARRIA, S.; YAGUIU, P. Formas de presentación. IN: AGUILAR, G; GARDEA, A.; NAVARRO, F. (2005). ed. Nuevas Tecnologías de Conservación de Productos Vegetales frescos cortados. México, cap. 3, p.37-57.

VILAS, E.; QUEIROZ, F.; OLIVEIRA, L.; RODRÍGUEZ, L.; FERREIRA, N.; VILELA, S. (2008). Encuentro Nacional sobre Procesamiento Mínimo de Frutas y Hortalizas. “Palestras, Minicursos y Resúmenes”. t. V. Ed. UFLA, Lavra- MG. p. 201.

# ANEXOS

**Anexo 01: Matriz de correlación**

| PROBLEMA | OBJETIVOS | HIPOTESIS | VARIABLES |
|---|---|---|---|
| ¿Cuál es el efecto del ácido cítrico en la inhibición del oscurecimiento enzimático de la yuca blanca (*Manihot esculenta* Crantz) mínimamente procesada envasada y almacenada en refrigeración? | **OBJETIVO GENERAL**<br>Evaluar el efecto del ácido cítrico en la inhibición del oscurecimiento enzimático de la yuca blanca (*Manihot esculenta* Crantz) mínimamente procesada, envasada y almacenada en refrigeración.<br><br>**OBJETIVOS ESPECÍFICOS**<br>Determinar el porcentaje de concentración optima de ácido cítrico que inhibe el oscurecimiento enzimático de la yuca blanca mínimamente procesada, envasada y almacenada a temperatura de refrigeración (4±1°C).<br>Determinar las características fisicoquímicas (pH, Pérdida de masa, Acidéz titulable, Solidos solubles y Color) de la yuca blanca mínimamente procesada envasada y almacenada a temperatura de refrigeración (4±1°C).<br>Determinar las características sensoriales (Aroma, Color, Sabor y Textura) de la yuca blanca mínimamente procesada, envasada y almacenada a temperatura de refrigeración (4±1°C). | Al porcentaje de concentración de 0,9% de ácido cítrico comercial se inhibe el oscurecimiento enzimático y se mantienen las características fisicoquímicas y sensoriales de la yuca blanca durante su almacenamiento en refrigeración. | **VARIABLE INDEPENDIENTE**<br>a. Porcentaje de concentración de ácido cítrico.<br>**INDICADORES**<br>Contenido de ácido cítrico comercial (0; 0,3; 0,6; 0,9 y 1.2 %)<br><br>**VARIABLES DEPENDIENTES**<br>a. Características fisicoquímicas<br>**INDICADORES**<br>pH<br>% de Acidez<br>Sólidos solubles Totales<br>Color<br>Pérdida de masa<br>b. Características sensoriales<br><br>**INDICADORES**<br>Aroma<br>Color<br>Sabor<br>Textura<br><br>**VARIABLES INTERVINIENTES**<br>a. Temperatura de almacenamiento.<br>**INDICADOR**<br>Temperatura de refrigeración de 4±°C.<br>b. Tiempo de almacenamiento<br>**INDICADOR**<br>Días de Almacenamiento (8 días) |

**Anexo 02: Instrumento de investigación**

| | |
|---|---|
| Instrumento de investigación | Colorímetro portátil Kónica Minolta CR 400 |
| | Balanza digital DAKOTA, modelo: 3102, escala máx. 300 g, error: 0.01g. |
| | Balanza digital KerN & Sohn GrmbH escala máx. 120 g., error 0.0001. |
| | pH-metro digital HANNA HI8424 serie: 504911 |
| | Refractómetro portátil BS de escala 0 a 32 ºBrix. |
| | Termómetro digital Barbewe Higt Thermometer TBT-08H, escala -50 °C a 300 °C, error: ± 0.1 °C. |
| | Higrotermógrafo, marca: DELMHORST HT 3000, escala -20 °C a 70 °C, error: ± 1 °C. |
| | Vernier digital INSIZE Electronic Caliper Code IS11112-300, escala: 0-300 mm; 0-12 “, error: 0.01 mm; 0.0005”. |
| | Refrigeradora MABE modelo: I420GWSNO. |
| | Termómetro de refrigeración, escala -40 a 40 °C. |
| | Colorímetro portátil Kónica Minolta CR 400 |
| | Balanza digital DAKOTA, modelo: 3102, escala máx. 300 g, error: 0.01g. |
| | Balanza digital KerN & Sohn GrmbH escala máx. 120 g., error 0.0001. |
| | pH-metro digital HANNA HI8424 serie: 504911, calibrado en Buffer pH 4.00 Y pH 7.00. |
| | Refractómetro portátil BS de escala 0 a 32 ºBrix. |
| | Termómetro digital Barbewe Higt Thermometer TBT-08H, escala -50 °C a 300 °C, error: ± 0.1 °C. |
| | Higrotermógrafo, marca: DELMHORST HT 3000, escala -20 °C a 70 °C, error: ± 1 °C. |
| Materiales de laboratorio | Vasos de precipitación de 50, 100, 250, 500, 1000 mL, Equipo de titulación |
| | Pipetas de 10 mL, Fiola de 250 mL, Embudos de vidrio, Espátulas, Lunas de reloj, Probetas de 100 mL |
| | Vasos de precipitación de 50, 100, 250, 500, 1000 mL, Pipetas de 10 mL, Embudos de vidrio. |
| Reactivos | Hidróxido de sodio (NaOH) pureza 97%. |
| | Fenolftaleína 1%. |
| | Sanitizante Sumaveg Cloro activo 3%. |
| Insumos | Ácido cítrico comercial, Agua blanda, Agua destilada, Hielo, Ácido cítrico comercial. |
| Otros materiales | Film For FRESH LINE transparente, espesor de 6 a 12 micras (µ), Envases de poliestireno (PS). |
| | Recipientes de PVC rígidos de 10, y 15 Lt, Cuchillos de acero inoxidable, Tablas de picar. |

## Anexo 03: Matriz de Operacionalización de variables

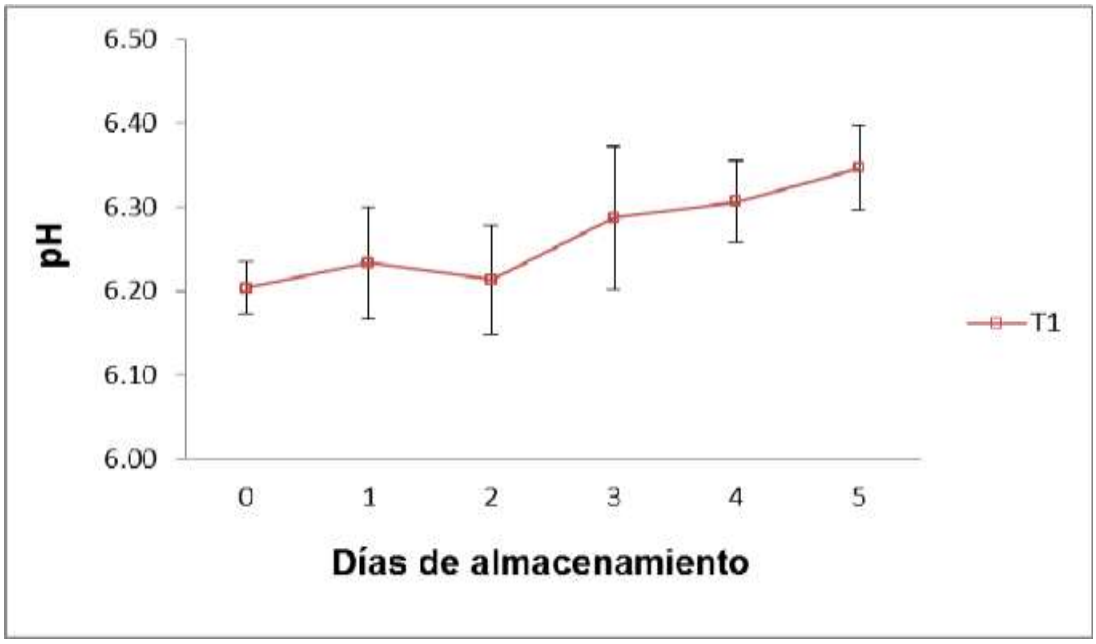
| TIPO | VARIABLE | INDICADOR | MEDICION |
|---|---|---|---|
| Variable independiente Cuantitativo | Concentración de ácido cítrico | Porcentaje de ácido cítrico (0; 0,3; 0,6; 0,9 y 1,2%) | Balanza analítica Balanza analítica, marca Adam, serie Pw 254, escala max 254g, error 0.0001g |
| Variables dependiente Cualitativo | Características fisicoquímicas | pH | Potenciómetro digital HANNA, calibrado con soluciones tampón de pH=4.00 y pH=7.04. AOAC, 2000 |
| | | % Acidez | Equipo de titulación; NaOH 1M hasta pH en torno a 6 controlado con pH-metro. AOAC, 2000 |
| | | Sólidos solubles | Refractómetro manual Atago de escala 0 a 32 ºBrix. El calibrado a 20 ºC AOAC, 2000 |
| | | Color | Colorímetro Kónica Minolta CR 400 medidas se expresan en coordenadas L*, a*, b* del sistema CIEL ab |
| | | Pérdida de masa | Balanza gramera: medición de la pérdida de peso que sufren la yuca MP a intervalo de 3 días |
| | Características fisicoquímicas | Color | Escala de puntuación del 1 a 5 |
| | | Sabor | Escala de puntuación del 1 a 5 |
| | | Textura | Escala de puntuación del 1 a 5 |
| | | Olor | Escala de puntuación del 1 a 5 |
| | | Apariencia general | Escala de puntuación del 1 a 5 |
| Variables Intervinientes | Temperatura de almacenamiento | Almacenamiento a temperatura de refrigeración de 4±1°C | Termómetro |
| | Tiempo de almacenamiento | Días de almacenamiento (5 días). | Mediante el cronograma de análisis que se realizara a cada día (0, 1, 2, 3, 4 y 5) hasta completar los 8 días de almacenamiento. |

**Anexo 04: Otras evidencias de la investigación**

## Formato para el análisis sensorial de la yuca mínimamente procesada, almacenada en refrigeración (4±1°C).

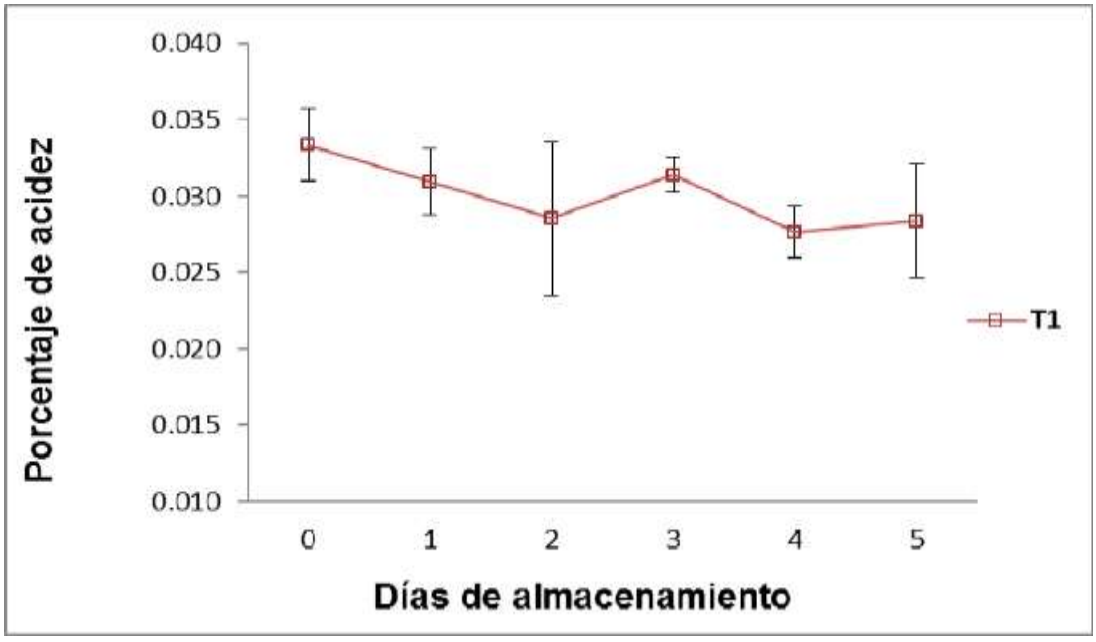
| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **NOMBRE** | | | | | |
| **FECHA** | | **OCUPACION** | | | |
| Por favor, evalué de izquierda a derecha las tres muestras de YUCA en cuanto al color, olor, textura, sabor y apariencia general. Beba un poco de agua y continúe con la siguiente muestra, tómese aproximadamente 40 segundos entre la degustación de cada muestra. Usando la ESCALA HEDÓNICA, marque con una (X) para cada atributo. | | | | | |
| **ATRIBUTO COLOR** | | | | | |
| | **T1** | **T2** | **T3** | **T4** | **T5** |
| 1. Malo | | | | | |
| 2. Regular | | | | | |
| **3.** Bueno | | | | | |
| 4. Muy bueno | | | | | |
| 5. Excelente | | | | | |
| **ATRIBUTO SABOR** | | | | | |
| | **T1** | **T2** | **T3** | **T4** | **T5** |
| 1. Malo | | | | | |
| 2. Regular | | | | | |
| 3. Bueno | | | | | |
| 4. Muy bueno | | | | | |
| 5. Excelente | | | | | |
| **ATRIBUTO TEXTURA** | | | | | |
| | **T1** | **T2** | **T3** | **T4** | **T5** |
| 1. Malo | | | | | |
| 2. Regular | | | | | |
| 3. Bueno | | | | | |
| 4. Muy bueno | | | | | |
| 5. Excelente | | | | | |
| **ATRIBUTO OLOR** | | | | | |
| | **T1** | **T2** | **T3** | **T4** | **T5** |
| 1. Malo | | | | | |
| 2. Regular | | | | | |
| 3. Bueno | | | | | |
| 4. Muy bueno | | | | | |
| 5. Excelente | | | | | |
| **ATRIBUTO OLOR** | | | | | |
| | **T1** | **T2** | **T3** | **T4** | **T5** |
| 1. Malo | | | | | |
| 2. Regular | | | | | |
| 3. Bueno | | | | | |
| 4. Muy bueno | | | | | |
| 5. Excelente | | | | | |

**Figura 10:** Variación del pH del tratamiento T1 (0,0% de ácido cítrico) en la yuca mínimamente procesada durante el almacenamiento en refrigeración (4±1°C).



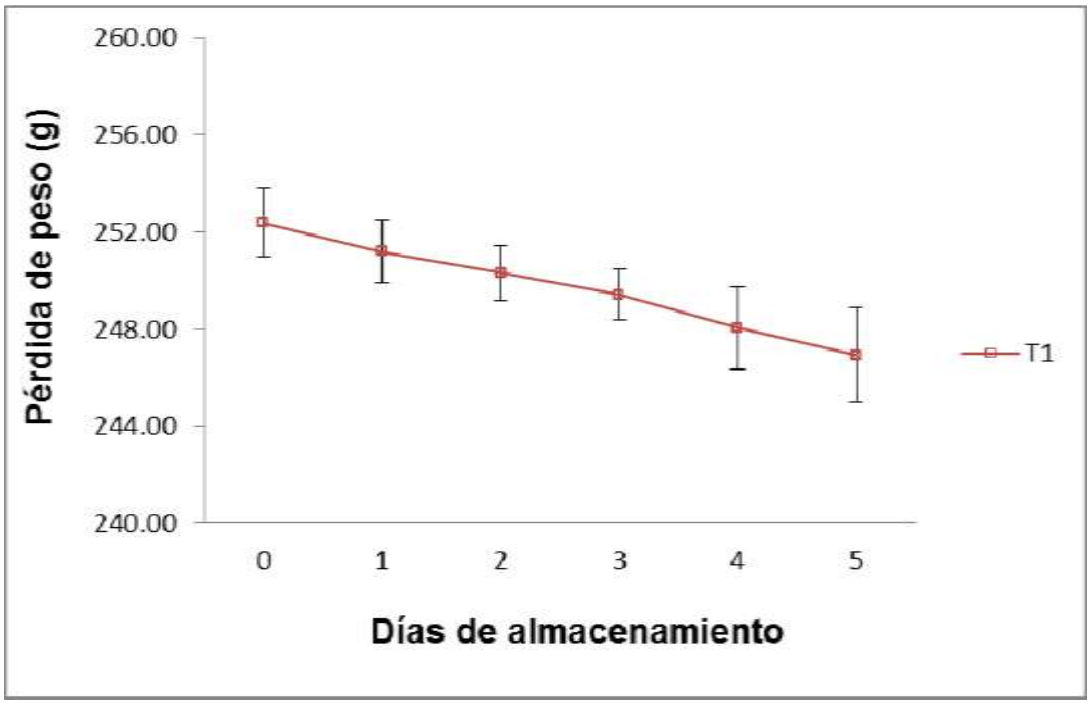

Los datos corresponden a la media ± SD, para n = 3.

**Figura 11:** Variación del porcentaje de acidez del tratamiento T1 (0,0% de ácido cítrico) en la yuca mínimamente procesada durante el almacenamiento en refrigeración (4±1°C).



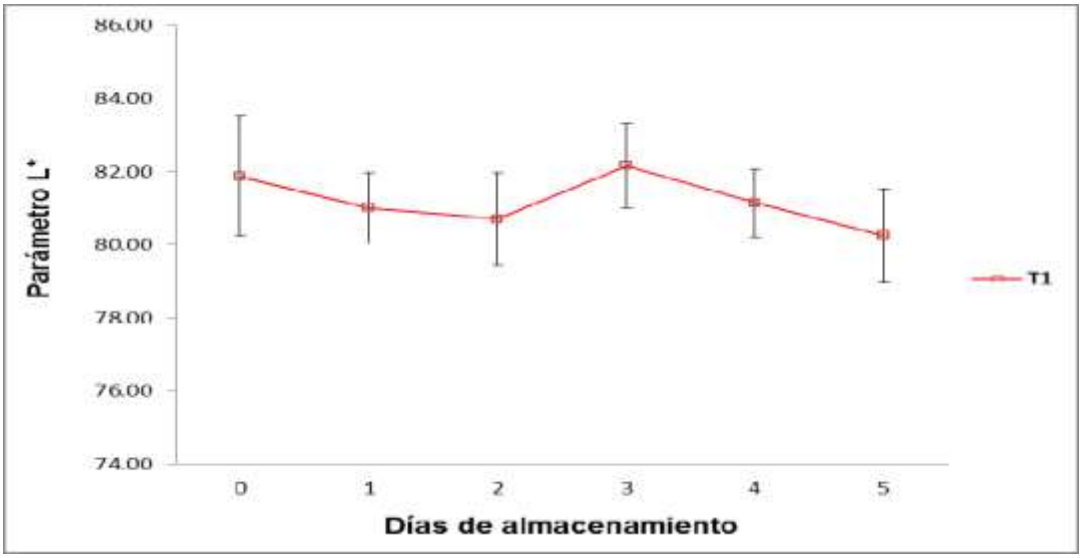

Los datos corresponden a la media ± SD, para n = 3.

**Figura 12:** Variación del peso del tratamiento T1 (0,0% de ácido cítrico) en la yuca mínimamente procesada durante el almacenamiento en refrigeración (4±1°C).



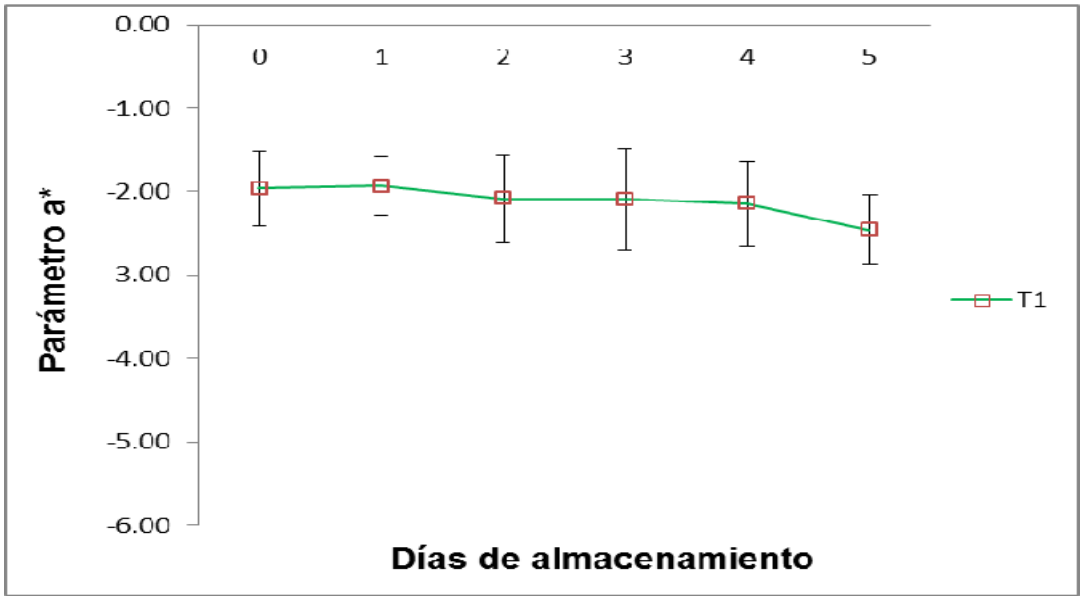

Los datos corresponden a la media ± SD, para n = 3.

**Figura 13:** Variación del parámetro L* del tratamiento T1 (0,0% de ácido cítrico) en la yuca mínimamente procesada durante el almacenamiento en refrigeración (4±1°C).



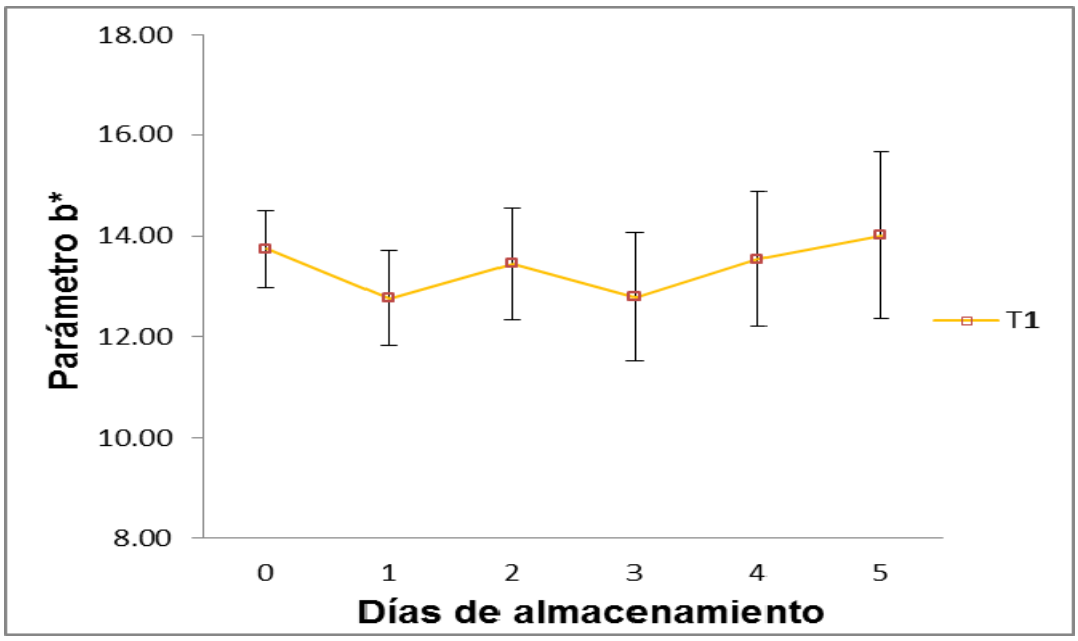

Los datos corresponden a la media ± SD, para n = 3.

**Figura 14:** Variación del parámetro a* del tratamiento T1 (0,0% de ácido cítrico) en la yuca mínimamente procesada durante el almacenamiento en refrigeración (4±1°C).



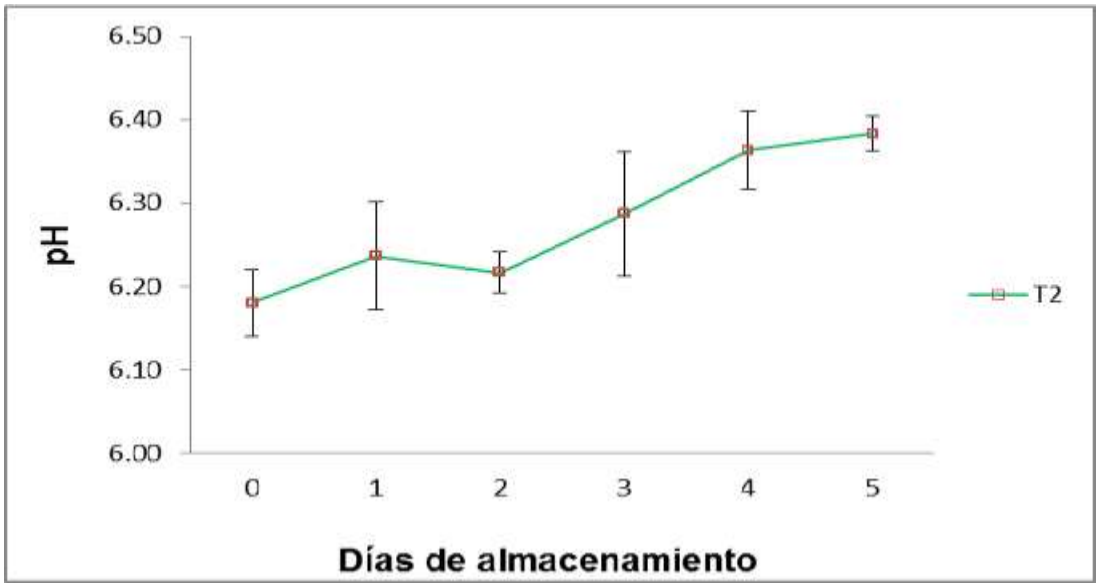

Los datos corresponden a la media ± SD, para n = 3

**Figura 15:** Variación del parámetro b* del tratamiento T1 (0,0% de ácido cítrico) en la yuca mínimamente procesada durante el almacenamiento en refrigeración (4±1°C).



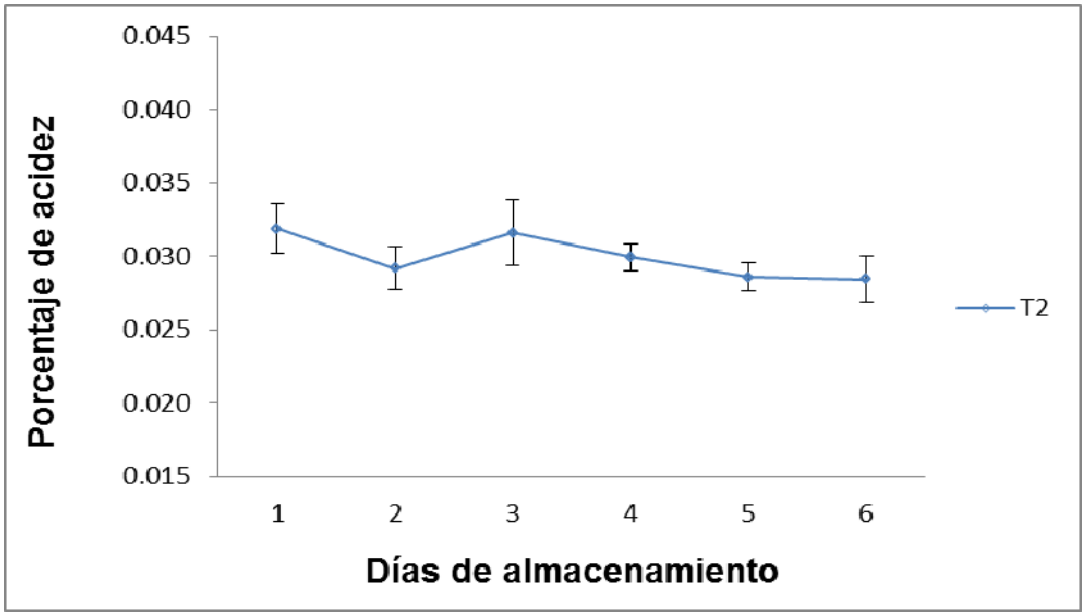

Los datos corresponden a la media ± SD, para n = 3.

**Figura 16:** Variación del pH del tratamiento T2 (0,3% de ácido cítrico) en la yuca mínimamente procesada durante el almacenamiento en refrigeración (4°±1C).



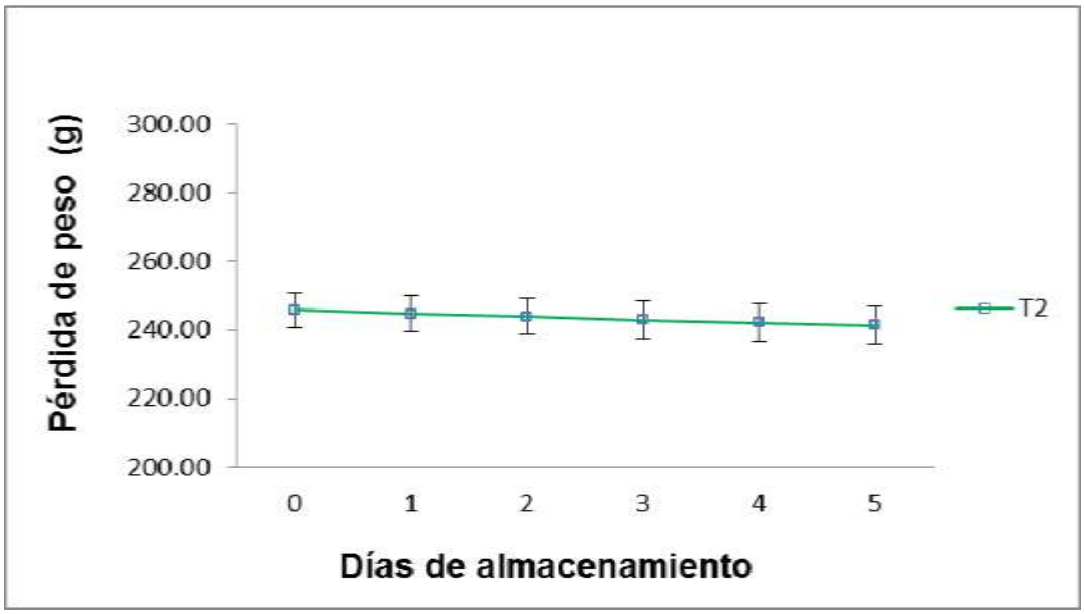

Los datos corresponden a la media ± SD, para n = 3.

**Figura 17:** Variación del porcentaje de acidez del tratamiento T2 (0,3% de ácido cítrico) en la yuca mínimamente procesada durante el almacenamiento en refrigeración (4°±1C).



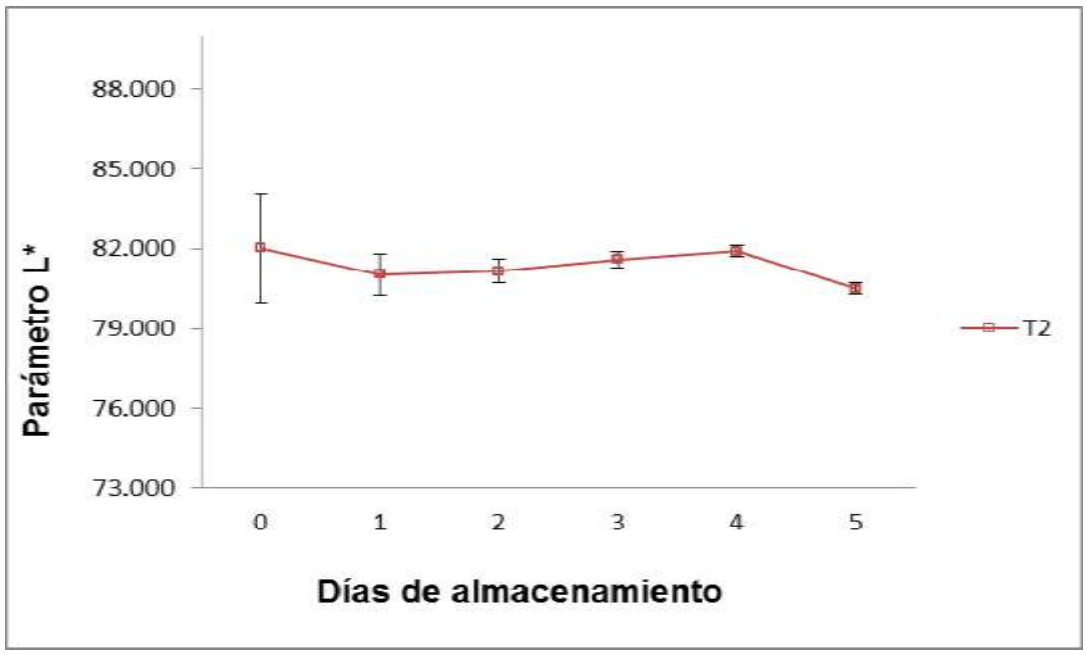

Los datos corresponden a la media ± SD, para n = 3.

**Figura 18:** Variación del peso del tratamiento T2 (0,3% de ácido cítrico) en la yuca mínimamente procesada durante el almacenamiento en refrigeración (4°±1C).



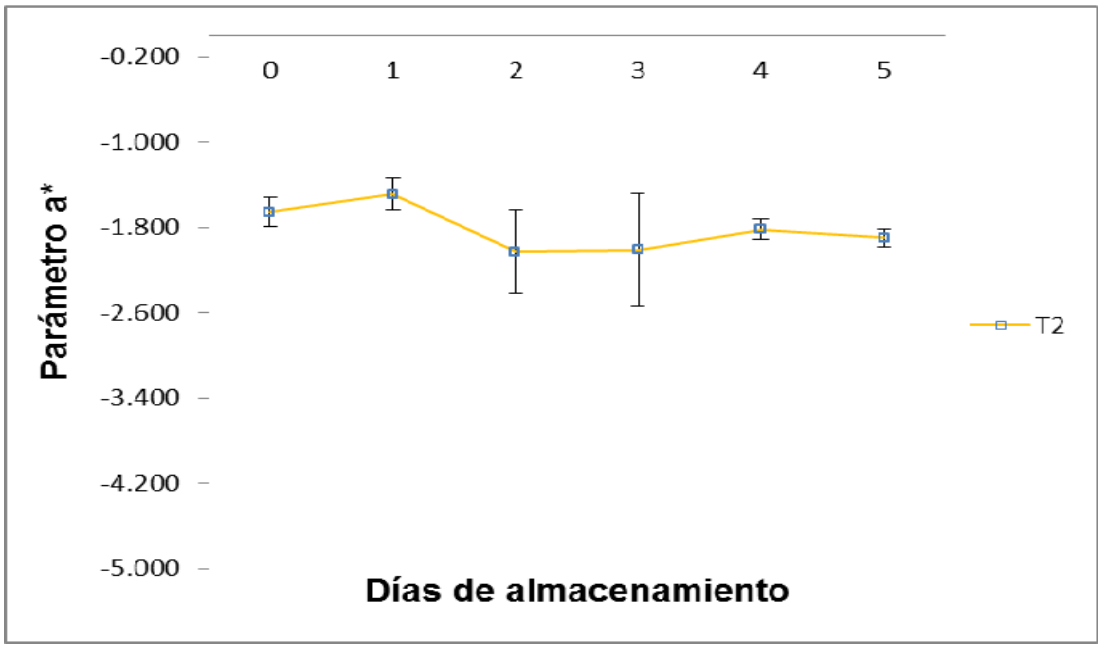

Los datos corresponden a la media ± SD, para n = 3.

**Figura 19:** Variación del parámetro L* del tratamiento T2 (0,3% de ácido cítrico) en la yuca mínimamente procesada durante el almacenamiento en refrigeración (4°±1C).



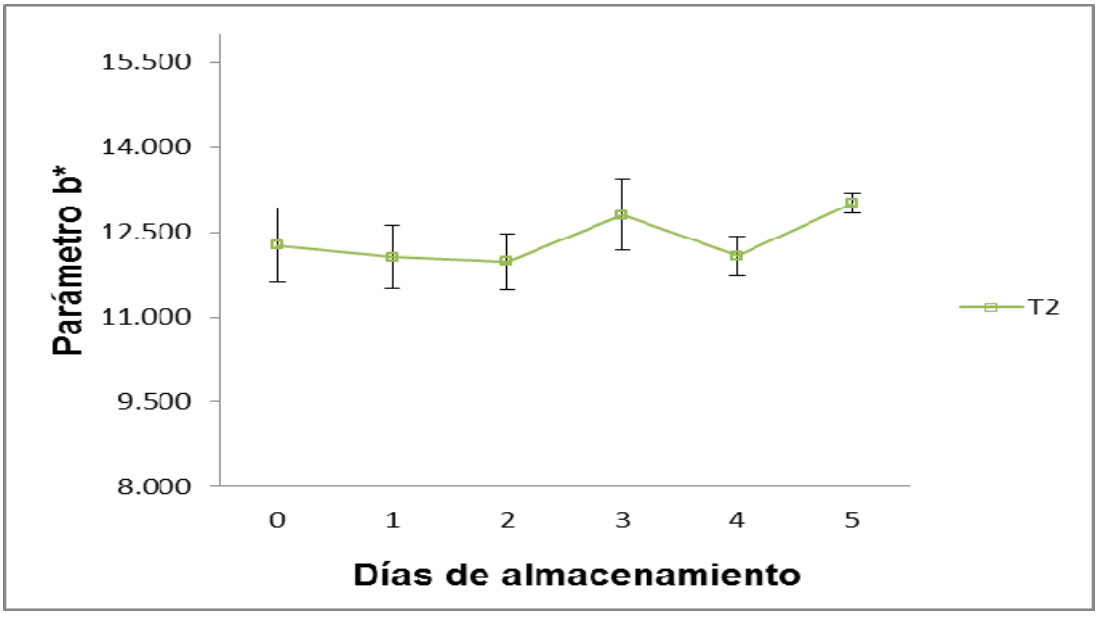

Los datos corresponden a la media ± SD, para n = 3.

**Figura 20:** Variación del parámetro a* del tratamiento T2 (0,3% de ácido cítrico) en la yuca mínimamente procesada durante el almacenamiento en refrigeración (4°±1C).



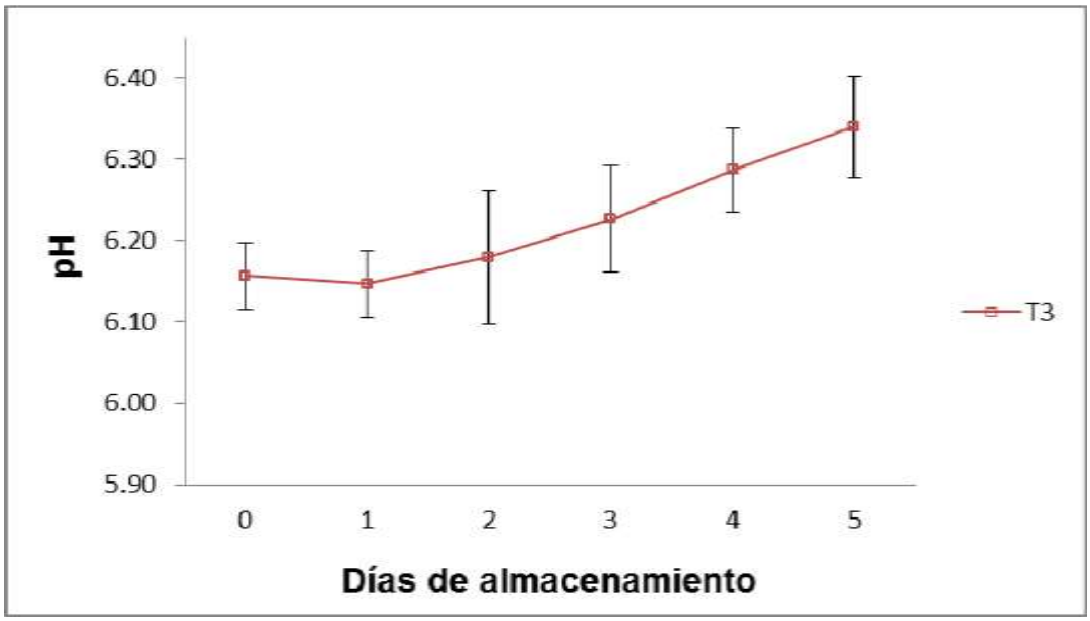

Los datos corresponden a la media ± SD, para n = 3.

**Figura 21:** Variación del parámetro b* del tratamiento T2 (0,3% de ácido cítrico) en la yuca mínimamente procesada durante el almacenamiento en refrigeración (4°±1C).



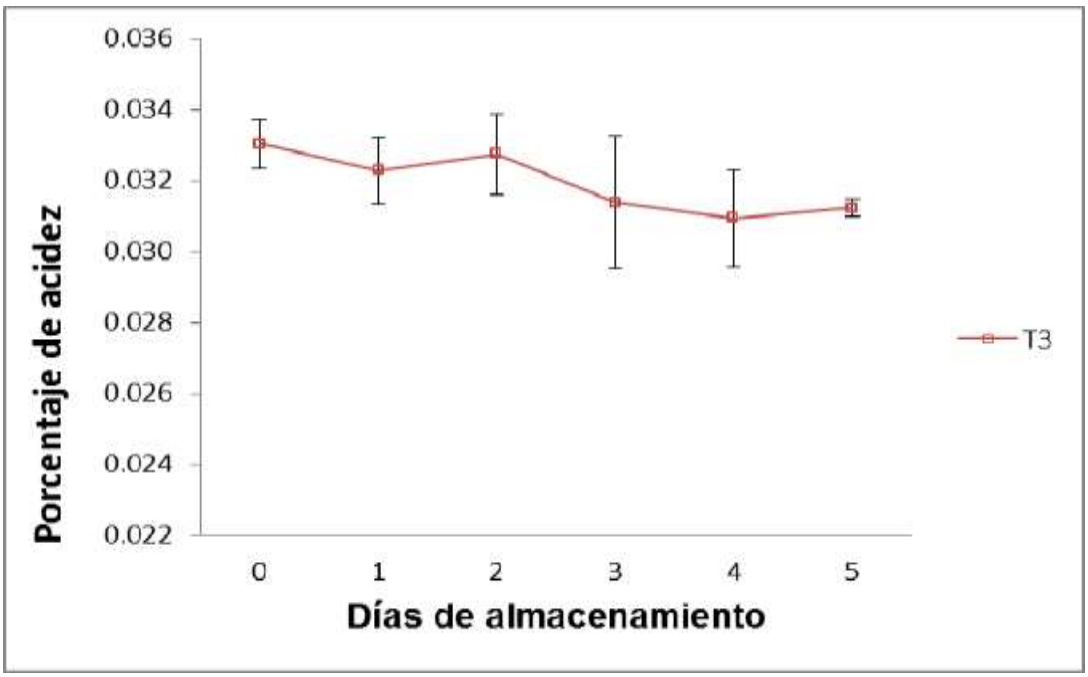

Los datos corresponden a la media ± SD, para n = 3

**Figura 22:** Variación del pH del tratamiento T3 T2 (0,6% de ácido cítrico) en la yuca mínimamente procesada durante el almacenamiento en refrigeración (4°±1C).



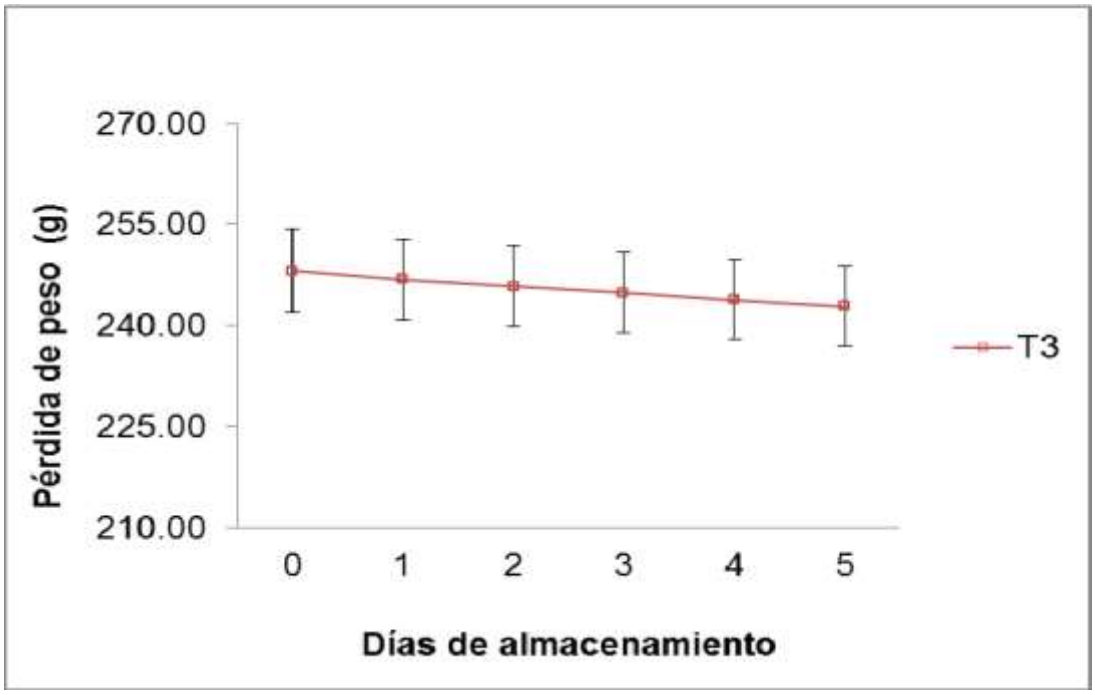

Los datos corresponden a la media ± SD, para n = 3.

**Figura 23:** Variación del porcentaje de acidez del tratamiento (0,6% de ácido cítrico) en la yuca mínimamente procesada durante el almacenamiento en refrigeración (4°±1C).



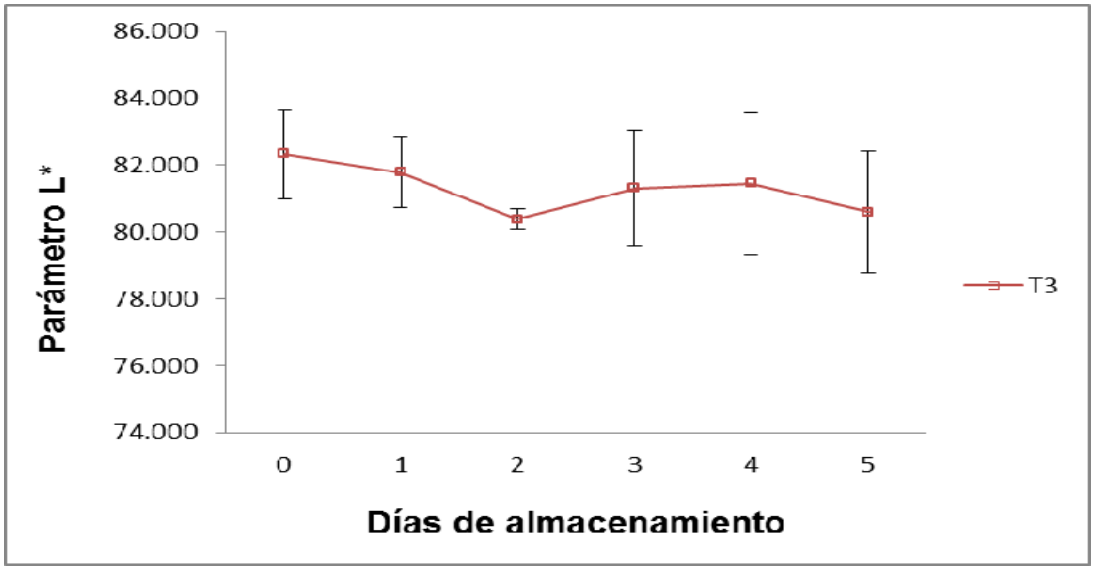

Los datos corresponden a la media ± SD, para n = 3.

**Figura 24:** Variación del peso del tratamiento T3 (0,6% de ácido cítrico) en la yuca mínimamente procesada durante el almacenamiento en refrigeración (4°±1C).



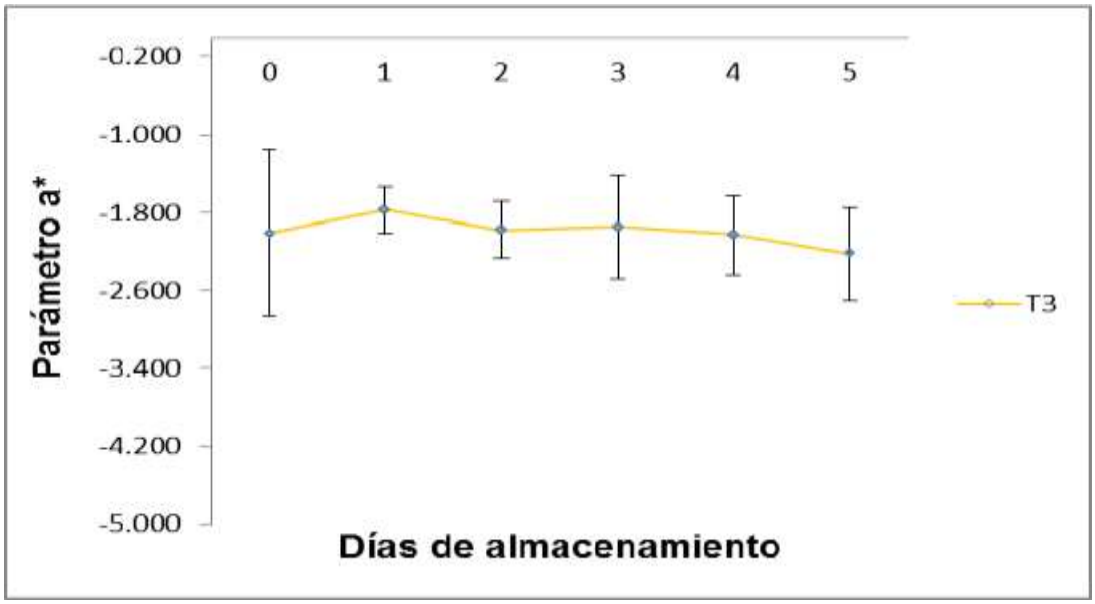

Los datos corresponden a la media ± SD, para n = 3.

**Figura 25:** Variación del parámetro L* del tratamiento T3 (0,6% de ácido cítrico) en la yuca mínimamente procesada durante el almacenamiento en refrigeración (4°±1C).



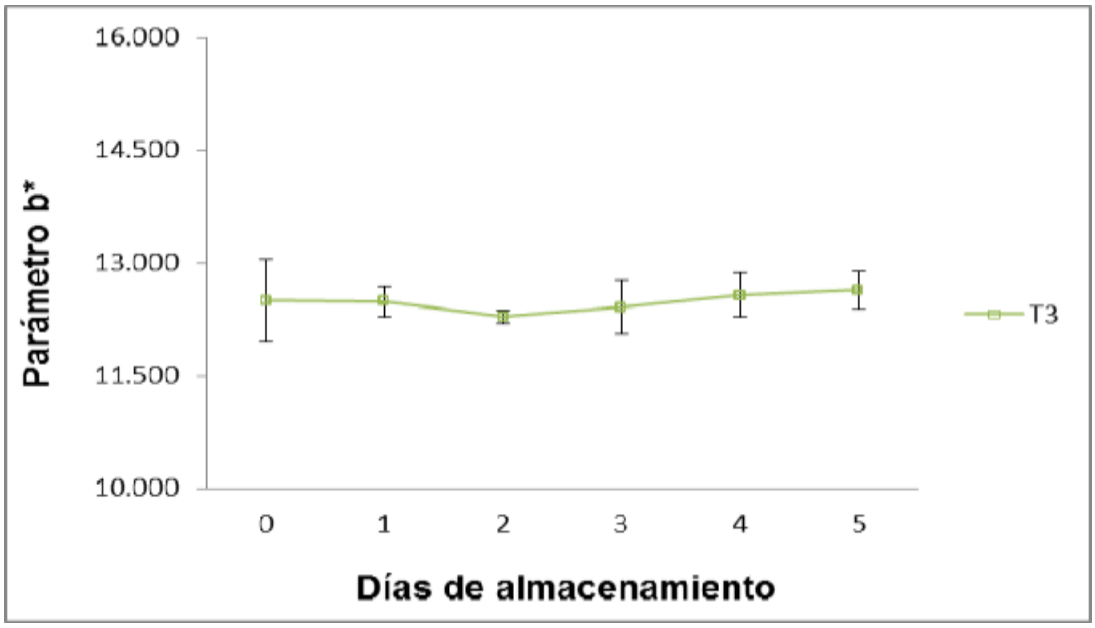

Los datos corresponden a la media ± SD, para n = 3.

**Figura 26:** Variación del parámetro a* del tratamiento T3 (0,6% de ácido cítrico) en la yuca mínimamente procesada durante el almacenamiento en refrigeración (4°±1C).



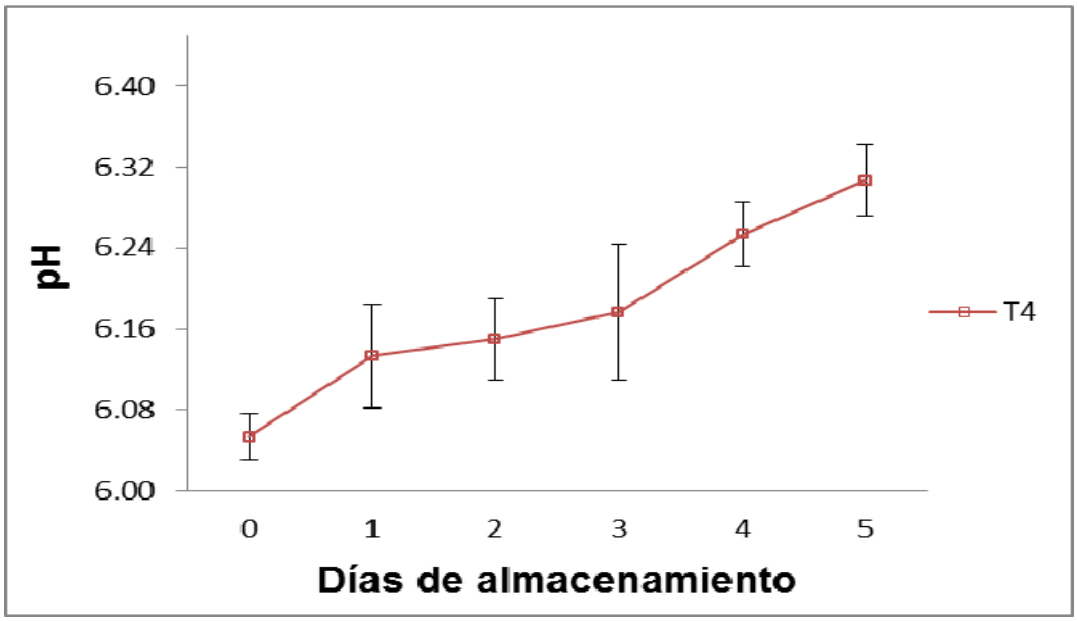

Los datos corresponden a la media ± SD, para n = 3.

**Figura 27:** Variación del parámetro b* del tratamiento T3 (0,6% de ácido cítrico) en la yuca mínimamente procesada durante el almacenamiento en refrigeración (4°±1C).



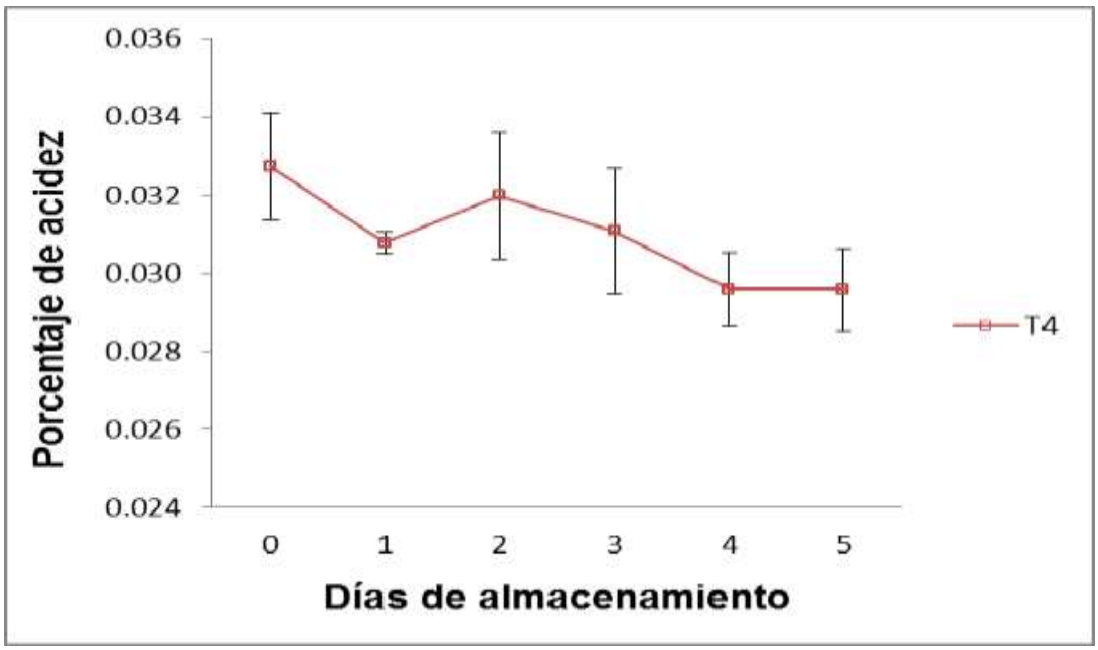

Los datos corresponden a la media ± SD, para n = 3.

**Figura 28:** Variación del pH del tratamiento T4 (0,9% de ácido cítrico) en la yuca mínimamente procesada durante el almacenamiento en refrigeración (4°±1C).



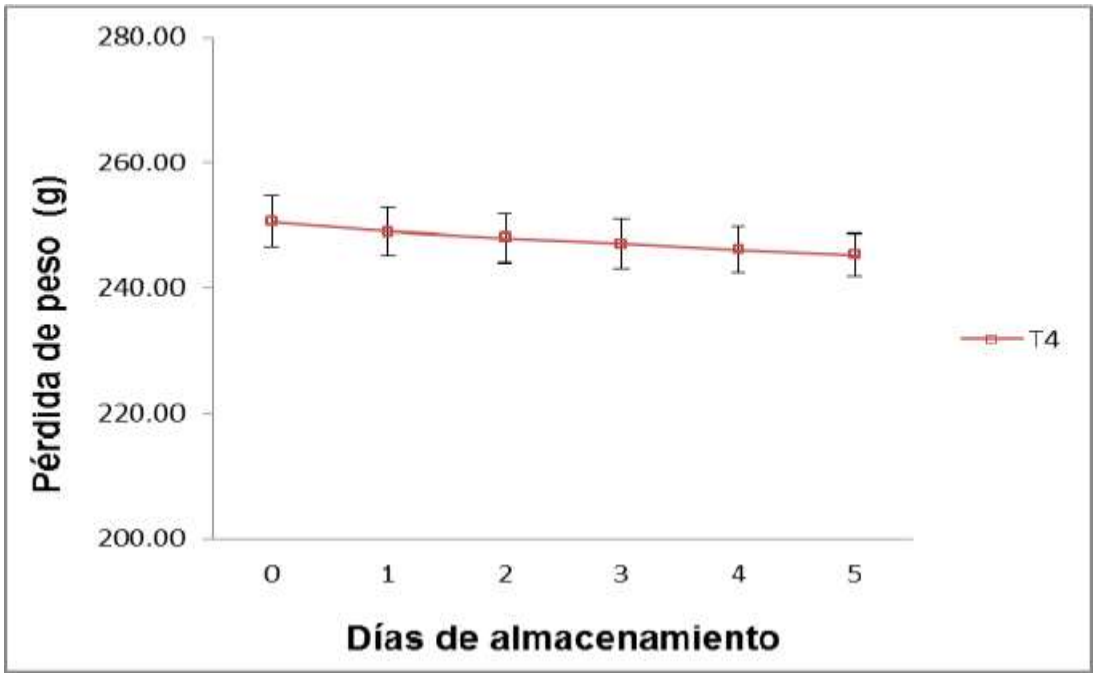

Los datos corresponden a la media ± SD, para n = 3.

**Figura 29:** Variación del porcentaje de acidez del tratamiento T4 (0,9% de ácido cítrico) en la yuca mínimamente procesada durante el almacenamiento en refrigeración (4°±1C).



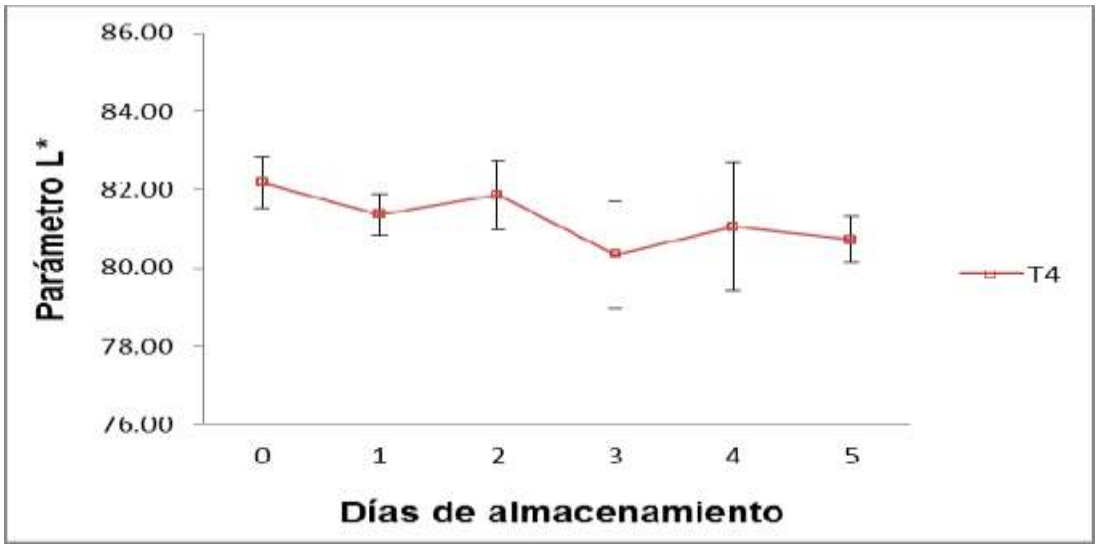

Los datos corresponden a la media ± SD, para n = 3.

**Figura 30:** Variación del peso del tratamiento T4 (0,9% de ácido cítrico) en la yuca mínimamente procesada durante el almacenamiento en refrigeración (4°±1C).



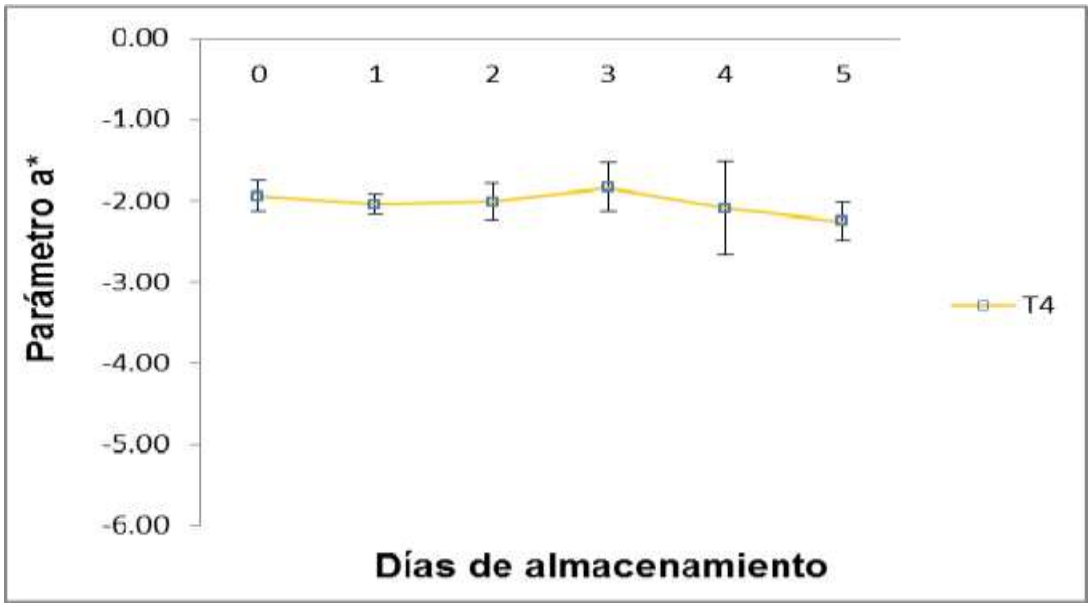

Los datos corresponden a la media ± SD, para n = 3.

**Figura 31:** Variación del parámetro L* del tratamiento T4 (0,9% de ácido cítrico) en la yuca mínimamente procesada durante el almacenamiento en refrigeración (4°±1C).



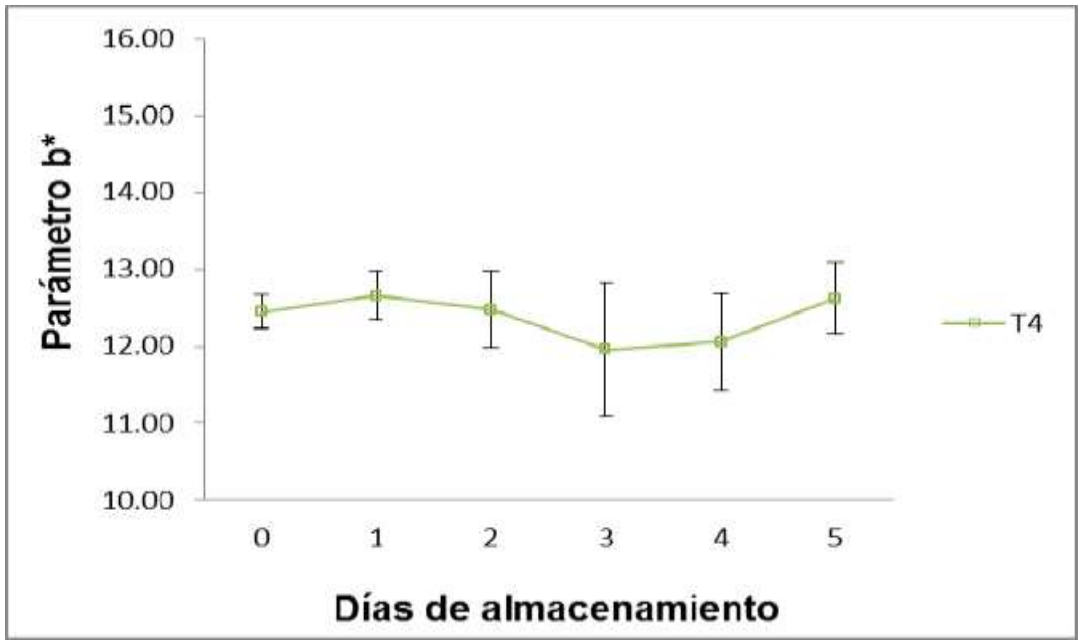

Los datos corresponden a la media ± SD, para n = 3.

**Figura 32:** Variación del parámetro a* del tratamiento T4 (0,9% de ácido cítrico) en la yuca mínimamente procesada durante el almacenamiento en refrigeración (4°±1C).



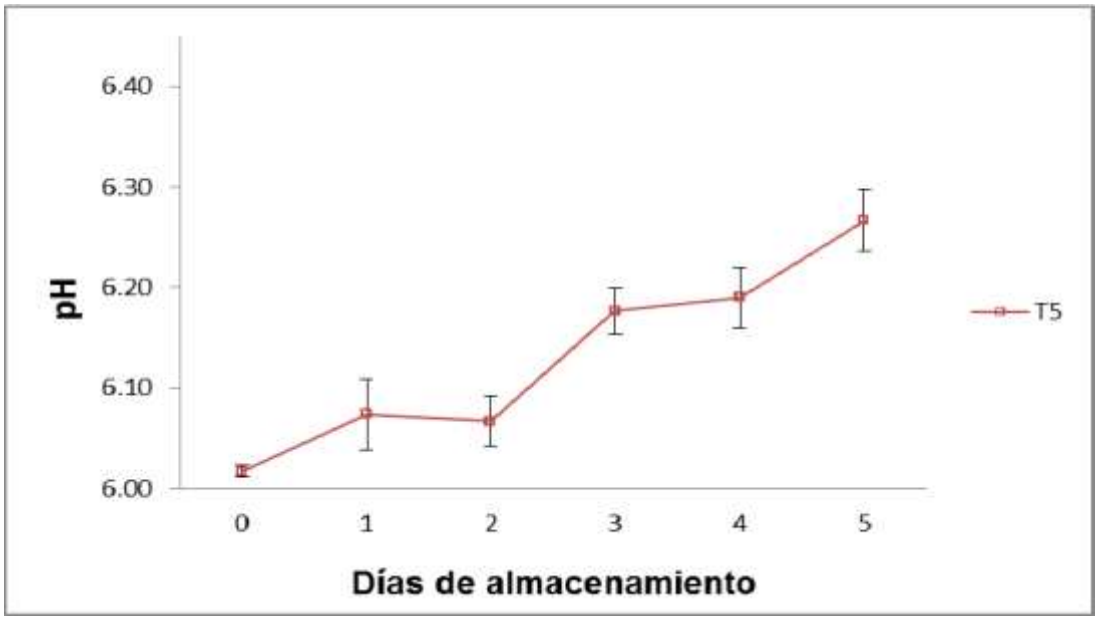

Los datos corresponden a la media ± SD, para n = 3.

**Figura 33:** Variación del parámetro b* del tratamiento T4 (0,9% de ácido cítrico) en la yuca mínimamente procesada durante el almacenamiento en refrigeración (4°±1C).



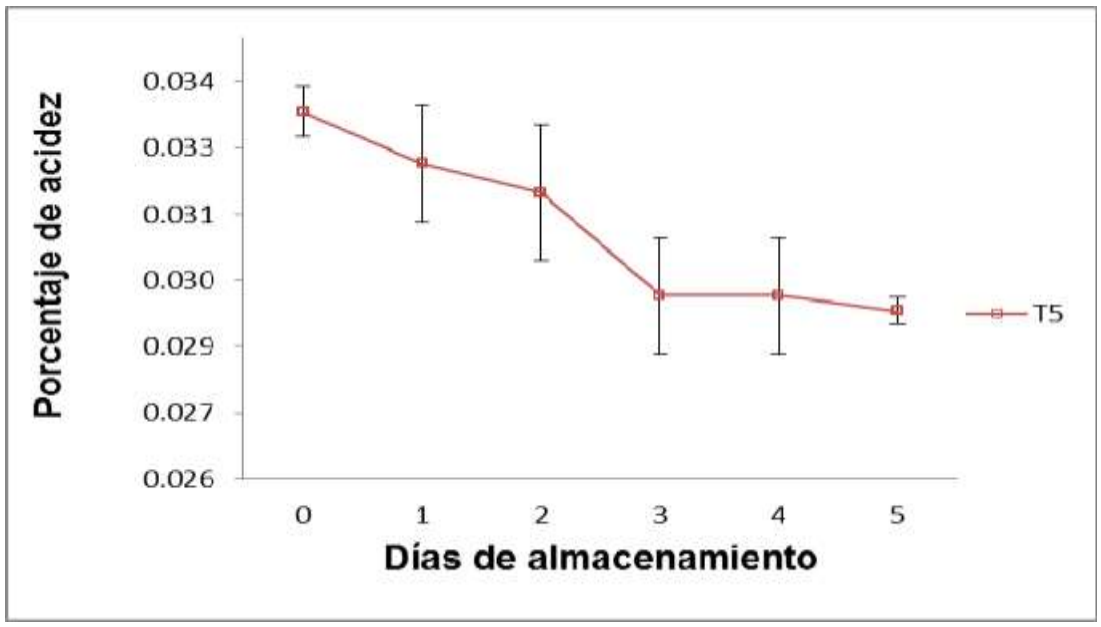

Los datos corresponden a la media ± SD, para n = 3.

**Figura 34:** Variación del pH del tratamiento T5 (1,2% de ácido cítrico) en la yuca mínimamente procesada durante el almacenamiento en refrigeración (4°±1C).



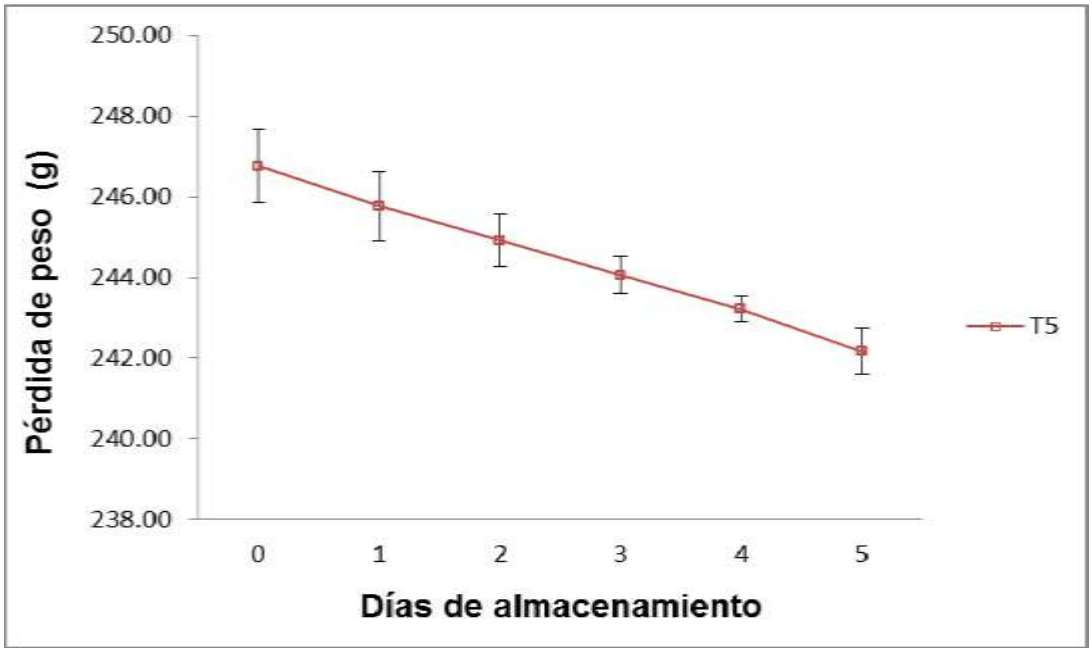

Los datos corresponden a la media ± SD, para n = 3.

**Figura 35:** Variación del porcentaje de acidez del tratamiento T5 (1,2% de ácido cítrico) en la yuca mínimamente procesada durante el almacenamiento en refrigeración (4°±1C).



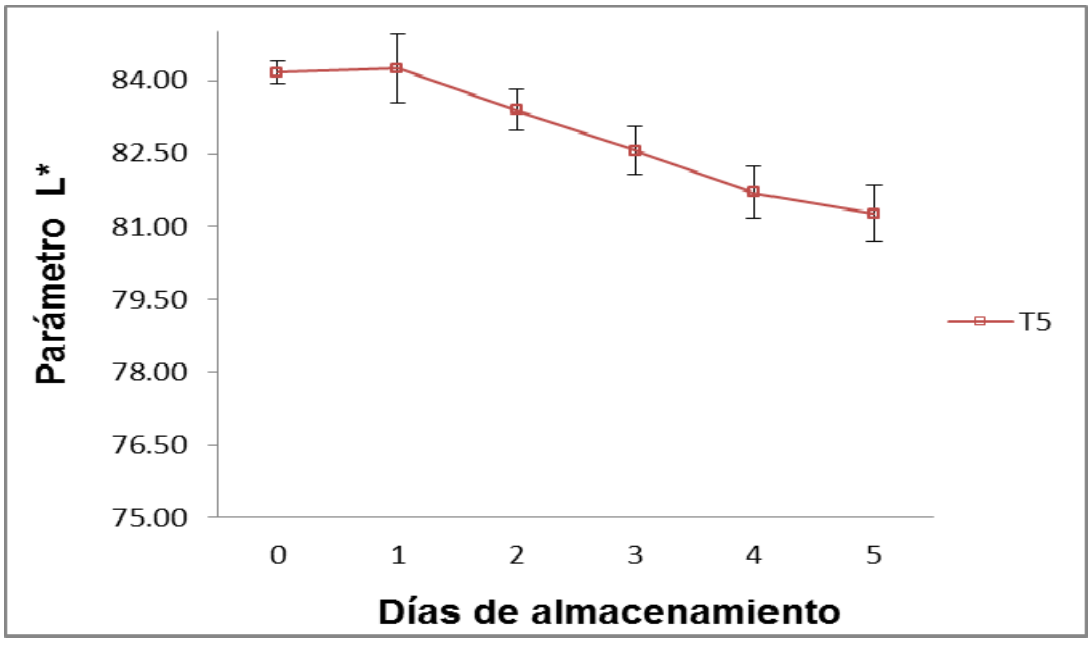

Los datos corresponden a la media ± SD, para n = 3.

**Figura 36:** Variación del peso del tratamiento T5 en la yuca mínimamente procesada durante el almacenamiento en refrigeración (4°C).



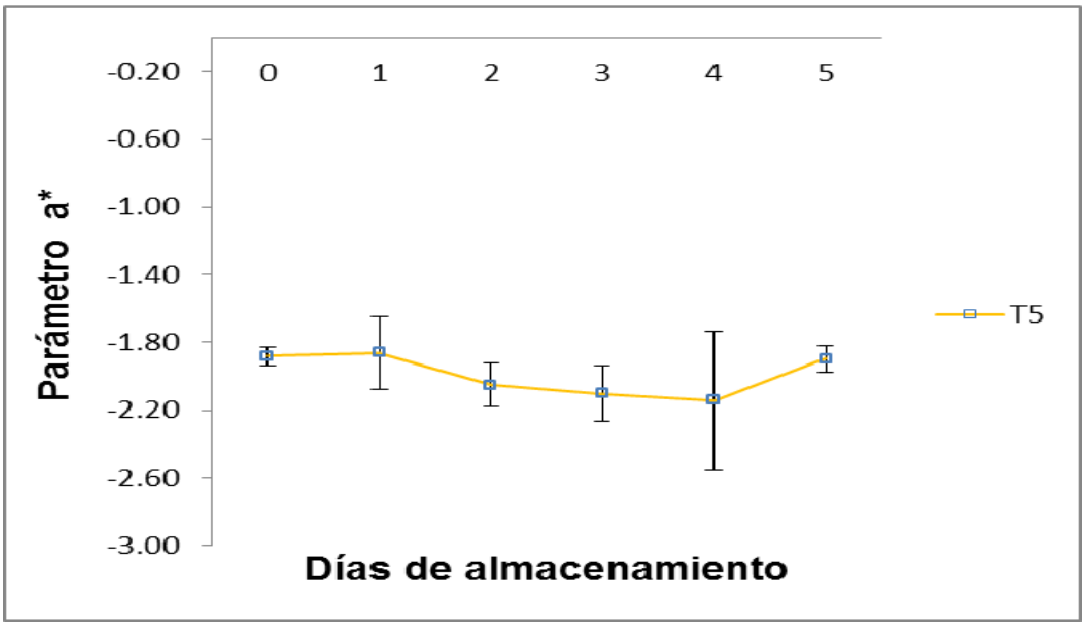

Los datos corresponden a la media ± SD, para n = 3.

**Figura 37:** Variación del parámetro L* del tratamiento T5 (1,2% de ácido cítrico) en la yuca mínimamente procesada durante el almacenamiento en refrigeración (4°±1C).



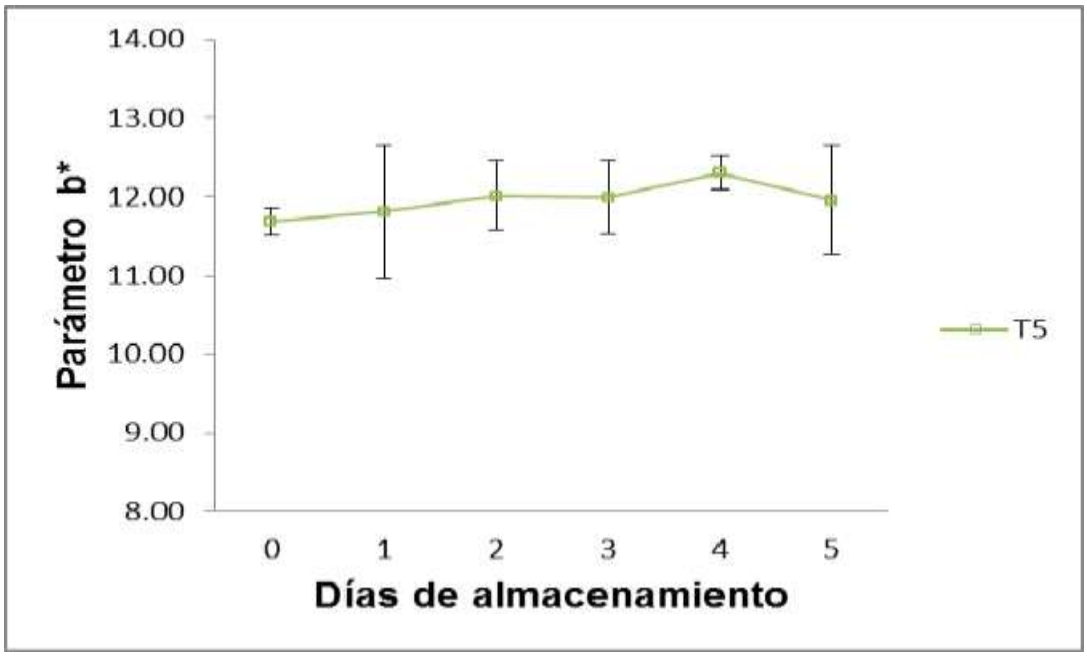

Los datos corresponden a la media ± SD, para n = 3.

**Figura 38:** Variación del parámetro a* del tratamiento T5 (1,2% de ácido cítrico) en la yuca mínimamente procesada durante el almacenamiento en refrigeración (4°±1C).




Los datos corresponden a la media ± SD, para n = 3.

**Figura 39:** Variación del parámetro b* del tratamiento T5 (1,2% de ácido cítrico) en la yuca mínimamente procesada durante el almacenamiento en refrigeración (4°±1C).




Los datos corresponden a la media ± SD, para n = 3.

**Cuadro 23:** Análisis de variancia para el parámetro pH en la yuca mínimamente procesada, almacenada en refrigeración (4±1°C).

| Fuente de variación | g.l. | SC | CM | Fc | Pv |
|---|---|---|---|---|---|
| Porcentaje de ác. cítrico | 4 | 0,265 | 0,066 | 30,384 | 0,000 |
| Días de almacenamiento | 5 | 0,466 | 0,093 | 42,627 | 0,000 |
| Error | 80 | 0,175 | 0,002 | | |
| Total | 89 | 0,906 | | | |

**Cuadro 24:** Análisis de variancia para el porcentaje de acidez en la yuca mínimamente procesada, almacenada en refrigeración (4±1°C).

| Fuente de variación | g.l. | SC | CM | Fc | Pv. |
|---|---|---|---|---|---|
| Porcentaje de ác. cítrico | 4 | 0,003 | 0,001 | 0,910 | 0,463 |
| Días de almacenamiento | 5 | 0,004 | 0,001 | 1,074 | 0,381 |
| Error | 80 | 0,066 | 0,002 | | |
| Total | 89 | 0,073 | | | |

**Cuadro 25:** Análisis de variancia para la pérdida de peso en la yuca mínimamente procesada, almacenada en refrigeración (4±1°C).

| Fuente de variación | g.l. | SC | CM | Fc | Pv. |
|---|---|---|---|---|---|
| Porcentaje de ác. cítrico | 4 | 464,623 | 116,156 | 9,569 | 0,000 |
| Días de almacenamiento | 5 | 255,066 | 51,013 | 4,202 | 0,000 |
| Error | 80 | 971,143 | 12,139 | | |
| Total | 89 | 1690,832 | | | |

**Cuadro 26:** Análisis de variancia para el parámetro L* en la yuca mínimamente procesada, almacenada en refrigeración (4±1°C).

| Fuente de variación | g.l. | SC | CM | Fc | Pv. |
|---|---|---|---|---|---|
| Porcentaje de ác. cítrico | 4 | 37,407 | 9,352 | 7,757 | 0,000 |
| Días de almacenamiento | 5 | 27,337 | 5,467 | 4,535 | 0,012 |
| Error | 80 | 96,449 | 1,206 | | |
| Total | 89 | 161,192 | | | |

**Cuadro 27:** Análisis de variancia para el parámetro a* en la yuca mínimamente procesada, almacenada en refrigeración (4±1°C).

| Fuente de variación | g.l. | SC | CM | Fc | Pv. |
|---|---|---|---|---|---|
| Porcentaje de ác. cítrico | 4 | 0,853 | 0,213 | 1,768 | 0,143 |
| Días de almacenamiento | 5 | 1,008 | 0,202 | 1,672 | 0,151 |
| Error | 80 | 9,643 | 0,121 | | |
| Total | 89 | 11,504 | | | |

**Cuadro 28:** Análisis de variancia para el parámetro b* en la yuca mínimamente procesada, almacenada en refrigeración (4±1°C).

| Fuente de variación | g.l. | SC | CM | Fc | Pv. |
|---|---|---|---|---|---|
| Porcentaje de ac. cítrico | 4 | 19,803 | 4,951 | 11,235 | 0,000 |
| Días de almacenamiento | 5 | 2,342 | 0,468 | 1,063 | 0,387 |
| Error | 80 | 35,253 | 0,441 | | |
| Total | 89 | 57,398 | | | |

**Cuadro 29:** Análisis de variancia para el parámetro croma (C) en la yuca mínimamente procesada, almacenada en refrigeración (4±1°C).

| Fuente de variación | g.l. | SC | CM | Fc | Pv. |
|---|---|---|---|---|---|
| Porcentaje de ác. cítrico | 4 | 20,286 | 5,071 | 11,497 | 0,000 |
| Días de almacenamiento | 5 | 2,598 | 0,520 | 1,178 | 0,387 |
| Error | 80 | 35,288 | 0,441 | | |
| Total | 89 | 58.1723 | | | |

**Cuadro 30:** Análisis de variancia para el parámetro Hue° (H) en la yuca mínimamente procesada, almacenada en refrigeración (4±1°C).

| Fuente de variación | g.l. | SC | CM | Fc | Pv. |
|---|---|---|---|---|---|
| Porcentaje de ác. cítrico | 4 | 12,333 | 3,083 | 1,276 | 0,286 |
| Días de almacenamiento | 5 | 15,379 | 3,076 | 1,273 | 0,284 |
| Error | 80 | 193,295 | 2,416 | | |
| Total | 89 | 221,008 | | | |

**Cuadro 31:** ANOVA en el análisis sensorial de atributo color en la yuca mínimamente procesada, almacenada en refrigeración (4±1°C).

| Fuente de variación | g.l. | SC | CM | Fc | Pv. |
|---|---|---|---|---|---|
| Tratamientos | 4 | 7,105 | 1,776 | 2,919 | 0,025 |
| Panelistas | 100 | 60,857 | 0,609 | | |
| Total | 104 | 67,962 | | | |

**Cuadro 32:** ANOVA en el análisis sensorial de atributo sabor en la yuca mínimamente procesada, almacenada en refrigeración (4±1°C).

| Fuente de variación | g.l. | SC | CM | Fc | Pevl. |
|---|---|---|---|---|---|
| Tratamientos | 4 | 13,200 | 3,300 | 4,873 | 0,001 |
| Panelistas | 100 | 67,714 | 0,677 | | |
| Total | 104 | 80,914 | | | |

**Cuadro 33:** ANOVA en el análisis sensorial de atributo textura en la yuca mínimamente procesada, almacenada en refrigeración (4±1°C).

| Fuente de variación | g.l. | SC | CM | Fc | Pv. |
|---|---|---|---|---|---|
| Tratamientos | 4 | 4,819 | 1,205 | 2,014 | 0,098 |
| Panelistas | 100 | 59,810 | 0,598 | | |
| Total | 104 | 64,629 | | | |

**Cuadro 34:** ANOVA en el análisis sensorial de atributo olor en la yuca mínimamente procesada, almacenada en refrigeración (4±1°C).

| Fuente de variación | g.l. | SC | CM | Fc | Pv. |
|---|---|---|---|---|---|
| Tratamientos | 4 | 15,486 | 3,871 | 7,893 | 0,000 |
| Panelistas | 100 | 49,048 | 0,490 | | |
| Total | 104 | 64,533 | | | |

**Cuadro 35:** ANOVA en el análisis sensorial de atributo apariencia general en la yuca mínimamente procesada, almacenada en refrigeración (4±1°C).

| Fuente de variación | g.l. | SC | CM | Fc | Pv. |
|---|---|---|---|---|---|
| Tratamientos | 4 | 6,705 | 1,676 | 2,256 | 0,068 |
| Panelistas | 100 | 74,286 | 0,743 | | |
| Total | 104 | 80,990 | | | |

**Cuadro 36:** Prueba de comparación de medias en la determinación del pH en la yuca mininamente procesada sometida a diferentes tratamientos con ácido cítrico

| Variable dependiente | (I) Porcentaje de ácido cítrico | (J) Porcentaje de ácido cítrico | Diferencia de medias (I-J) | Error típ. | Sig. | Intervalo de confianza 95% | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Límite inferior | Límite superior |
| pH | TRATAMIENTO1 | TRATAMIENTO2 | -0,013 | 0,016 | 0,924 | -0.056 | 0.031 |
| | | TRATAMIENTO3 | 0,042 | 0,016 | 0,061 | -0.001 | 0.086 |
| | | TRATAMIENTO4 | 0,086 | 0,016 | 0,000 | 0.043 | 0.130 |
| | | TRATAMIENTO5 | 0,133 | 0,016 | 0,000 | 0.090 | 0.177 |
| | TRATAMIENTO2 | TRATAMIENTO1 | 0,013 | 0,016 | 0,924 | -0,031 | 0,056 |
| | | TRATAMIENTO3 | 0,055 | 0,016 | 0,006 | 0,012 | 0,098 |
| | | TRATAMIENTO4 | 0,099 | 0,016 | 0,000 | 0,055 | 0,142 |
| | | TRATAMIENTO5 | 0.146 | 0,016 | 0,000 | 0,103 | 0.190 |
| | TRATAMIENTO3 | TRATAMIENTO1 | -0,042 | 0,016 | 0,061 | -0,086 | 0,001 |
| | | TRATAMIENTO2 | -0,055 | 0,016 | 0,006 | -0,098 | -0,012 |
| | | TRATAMIENTO4 | 0,044 | 0,016 | 0,047 | 0,000 | 0,087 |
| | | TRATAMIENTO5 | 0,091 | 0,016 | 0,000 | 0,048 | 0,135 |
| | TRATAMIENTO4 | TRATAMIENTO1 | -0,086 | 0,016 | 0,000 | -0,130 | -0,043 |
| | | TRATAMIENTO2 | -0,099 | 0,016 | 0,000 | -0,142 | -0,055 |
| | | TRATAMIENTO3 | -0,044 | 0,016 | 0,047 | -0,087 | -0,000 |
| | | TRATAMIENTO5 | 0,047 | 0,016 | 0,026 | 0,004 | 0,091 |
| | TRATAMIENTO5 | TRATAMIENTO1 | -0,133 | 0,016 | 0,000 | -0,177 | -0,090 |
| | | TRATAMIENTO2 | -0,146 | 0,016 | 0,000 | -0,190 | -0,103 |
| | | TRATAMIENTO3 | -0,091 | 0,016 | 0,000 | -0,135 | -0,048 |
| | | TRATAMIENTO4 | -0,047 | 0,016 | 0,026 | -0,091 | -0,004 |

DHS de Tukey

**Cuadro 37:** Prueba de comparación de medias en la determinación de la pérdida de peso en la yuca mininamente procesada sometida a diferentes tratamientos con ácido cítrico.

| Variable dependiente | (I) Porcentaje de ácido cítrico | (J) Porcentaje de ácido cítrico | Diferencia de medias (I-J) | Error típ. | Sig. | Intervalo de confianza 95% | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Límite inferior | Límite superior |
| Pérdida de peso | TRATAMIENTO1 | TRATAMIENTO2 | 6,263 | 1,161 | 0,000 | 3,022 | 9,505 |
| | | TRATAMIENTO3 | 4,428 | 1,161 | 0,002 | 1,186 | 7,669 |
| | | TRATAMIENTO4 | 2,059 | 1,161 | 0,396 | -1,182 | 5,301 |
| | | TRATAMIENTO5 | 5,243 | 1,161 | 0,000 | 2,002 | 8,485 |
| | TRATAMIENTO2 | TRATAMIENTO1 | -6,263 | 1,161 | 0,000 | -9,505 | -3,022 |
| | | TRATAMIENTO3 | -1,836 | 1,161 | 0,514 | -5,077 | 1,406 |
| | | TRATAMIENTO4 | -4,204 | 1,161 | 0,005 | -7,445 | -0,963 |
| | | TRATAMIENTO5 | -1,020 | 1,161 | 0,904 | -4,261 | 2,221 |
| | TRATAMIENTO3 | TRATAMIENTO1 | -4,428 | 1,161 | 0,002 | -7,669 | -1,186 |
| | | TRATAMIENTO2 | 1,836 | 1,161 | 0,514 | -1,406 | 5,077 |
| | | TRATAMIENTO4 | -2,368 | 1,161 | 0,257 | -5,610 | 0,873 |
| | | TRATAMIENTO5 | 0,816 | 1,161 | 0,955 | -2,426 | 4,057 |
| | TRATAMIENTO4 | TRATAMIENTO1 | -2,059 | 1,161 | 0,396 | -5,301 | 1,182 |
| | | TRATAMIENTO2 | 4,204 | 1,161 | 0,005 | 0,963 | 7.445 |
| | | TRATAMIENTO3 | 2,368 | 1,161 | 0,257 | -0,873 | 5,610 |
| | | TRATAMIENTO5 | 3,184 | 1,161 | 0,057 | -0,057 | 6,425 |
| | TRATAMIENTO5 | TRATAMIENTO1 | -5,243 | 1,161 | 0,000 | -8,485 | -2,002 |
| | | TRATAMIENTO2 | 1,020 | 1,161 | 0,904 | -2,221 | 4,261 |
| | | TRATAMIENTO3 | -0,816 | 1,161 | 0,955 | -4,057 | 2,426 |
| | | TRATAMIENTO4 | -3,184 | 1,161 | 0,057 | -6,425 | 0,057 |

DHS de Tukey

**Cuadro 38:** Prueba de comparación de medias en la determinación del parámetro L* en la yuca mininamente procesada sometida a diferentes tratamientos con ácido cítrico.

| Variable dependiente | (I) Porcentaje de ácido cítrico | (J) Porcentaje de ácido cítrico | Diferencia de medias (I-J) | Error típ. | Sig. | Intervalo de confianza 95% | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Límite inferior | Límite superior |
| Parámetro L* | TRATAMIENTO1 | TRATAMIENTO2 | -0,182 | 0,366 | 0,987 | -1,204 | 0,839 |
| | | TRATAMIENTO3 | -0,123 | 0,366 | 0,997 | -1,144 | 0,899 |
| | | TRATAMIENTO4 | -0,068 | 0,366 | 1,000 | -1,090 | 0,953 |
| | | TRATAMIENTO5 | -1,698 | 0,366 | 0,000 | -2,719 | -0,676 |
| | TRATAMIENTO2 | TRATAMIENTO1 | 0,182 | 0,366 | 0,987 | -0,839 | 1,204 |
| | | TRATAMIENTO3 | 0,060 | 0,366 | 1,000 | -0,962 | 1,081 |
| | | TRATAMIENTO4 | 0,114 | 0,366 | 0,998 | -0,908 | 1,135 |
| | | TRATAMIENTO5 | -1,516 | 0,366 | 0,001 | -2,537 | -0,494 |
| | TRATAMIENTO3 | TRATAMIENTO1 | 0,123 | 0,366 | 0,997 | -0,899 | 1,144 |
| | | TRATAMIENTO2 | -0,060 | 0,366 | 1,000 | -1,081 | 0,962 |
| | | TRATAMIENTO4 | 0,054 | 0,366 | 1,000 | -0,967 | 1,076 |
| | | TRATAMIENTO5 | -1,575 | 0,366 | 0,000 | -2,597 | -0,554 |
| | TRATAMIENTO4 | TRATAMIENTO1 | 0,068 | 0,366 | 1,000 | -0,953 | 1,090 |
| | | TRATAMIENTO2 | -0,114 | 0,366 | 0,998 | -1,135 | 0,908 |
| | | TRATAMIENTO3 | -0,054 | 0,366 | 1,000 | -1,076 | 0,967 |
| | | TRATAMIENTO5 | -1,630 | 0,366 | 0,000 | -2,651 | -0,608 |
| | TRATAMIENTO5 | TRATAMIENTO1 | 1,698 | 0,366 | 0,000 | 0,676 | 2,719 |
| | | TRATAMIENTO2 | 1,516 | 0,366 | 0,001 | 0,494 | 2,537 |
| | | TRATAMIENTO3 | 1,575 | 0,366 | 0,000 | 0,554 | 2,597 |
| | | TRATAMIENTO4 | 1,630 | 0,366 | 0,000 | 0,608 | 2,651 |

DHS de Tukey

**Cuadro 39:** Prueba de comparación de medias en la determinación del parámetro b* en la yuca mininamente procesada sometida a diferentes tratamientos con ácido cítrico.

| Variable dependiente | (I) Porcentaje de ácido cítrico | (J) Porcentaje de ácido cítrico | Diferencia de medias (I-J) | Error típ. | Sig. | Intervalo de confianza 95% | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Límite inferior | Límite superior |
| Parámetro b* | TRATAMIENTO1 | TRATAMIENTO2 | 1,013 | 0,221 | 0,000 | 0,395 | 1,630 |
| | | TRATAMIENTO3 | 0,898 | 0,221 | 0,001 | 0,280 | 1,516 |
| | | TRATAMIENTO4 | 1,010 | 0,221 | 0,000 | 0,393 | 1,628 |
| | | TRATAMIENTO5 | 1.420 | 0,221 | 0,000 | 0,802 | 2,038 |
| | TRATAMIENTO2 | TRATAMIENTO1 | -1,013 | 0,221 | 0,000 | -1,630 | -0,395 |
| | | TRATAMIENTO3 | -0,115 | 0,221 | 0,985 | -0,732 | 0,503 |
| | | TRATAMIENTO4 | -0,003 | 0,221 | 1,000 | -0,620 | 0,615 |
| | | TRATAMIENTO5 | 0,407 | 0,221 | 0,358 | -0,210 | 1,025 |
| | TRATAMIENTO3 | TRATAMIENTO1 | -0,898 | 0,221 | 0,001 | -1,516 | -0,280 |
| | | TRATAMIENTO2 | 0,115 | 0,221 | 0,985 | -0,503 | 0,732 |
| | | TRATAMIENTO4 | 0,112 | 0,221 | 0,986 | -0,505 | 0,730 |
| | | TRATAMIENTO5 | 0,522 | 0,221 | 0,138 | -0,096 | 1,140 |
| | TRATAMIENTO4 | TRATAMIENTO1 | -1,010 | 0,221 | 0,000 | -1,628 | -0,393 |
| | | TRATAMIENTO2 | 0,003 | 0,221 | 1,000 | -0,615 | 0,620 |
| | | TRATAMIENTO3 | -0,112 | 0,221 | 0,986 | -0,730 | 0,505 |
| | | TRATAMIENTO5 | 0,410 | 0,221 | 0,351 | -0,208 | 1,027 |
| | TRATAMIENTO5 | TRATAMIENTO1 | -1,420 | 0,221 | 0,000 | -2,038 | -0,802 |
| | | TRATAMIENTO2 | -0,407 | 0,221 | 0,358 | -1,025 | 0,210 |
| | | TRATAMIENTO3 | -0,522 | 0,221 | 0,138 | -1,140 | 0,096 |
| | | TRATAMIENTO4 | -0,410 | 0,221 | 0,351 | -1,027 | 0,208 |

DHS de Tukey

**Cuadro 40:** Prueba de comparación de medias en la determinación del parámetro croma en la yuca mininamente procesada sometida a diferentes tratamientos con ácido cítrico.

| Variable dependiente | (I) Porcentaje de ácido cítrico | (J) Porcentaje de ácido cítrico | Diferencia de medias (I-J) | Error típ. | Sig. | Intervalo de confianza 95% | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Límite inferior | Límite superior |
| Parámetro croma | TRATAMIENTO1 | TRATAMIENTO2 | 1,049 | 0,221 | 0,000 | 0,431 | 1,667 |
| | | TRATAMIENTO3 | 0,907 | 0,221 | 0,001 | 0,289 | 1,524 |
| | | TRATAMIENTO4 | 1,035 | 0,221 | 0,000 | 0,417 | 1,652 |
| | | TRATAMIENTO5 | 1,427 | 0,221 | 0,000 | 0,809 | 2,045 |
| | TRATAMIENTO2 | TRATAMIENTO1 | -1,049 | 0,221 | 0,000 | -1,667 | -0,431 |
| | | TRATAMIENTO3 | -0,142 | 0,221 | 0.967 | -0,760 | 0,476 |
| | | TRATAMIENTO4 | -0,014 | 0,221 | 1,000 | -0,632 | 0,604 |
| | | TRATAMIENTO5 | 0.378 | 0,221 | 0,434 | -0,240 | 0,996 |
| | TRATAMIENTO3 | TRATAMIENTO1 | -0,907 | 0,221 | 0,001 | -1,524 | -0,289 |
| | | TRATAMIENTO2 | 0,142 | 0,221 | 0,967 | -0,476 | 0,760 |
| | | TRATAMIENTO4 | 0,128 | 0,221 | 0,978 | -0,490 | 0.746 |
| | | TRATAMIENTO5 | 0,521 | 0,221 | 0,140 | -0,097 | 1,139 |
| | TRATAMIENTO4 | TRATAMIENTO1 | -1,035 | 0,221 | 0,000 | -1,652 | -0,417 |
| | | TRATAMIENTO2 | 0,014 | 0,221 | 1,000 | -0,604 | 0,632 |
| | | TRATAMIENTO3 | -0,128 | 0,221 | 0,978 | -0,746 | 0,490 |
| | | TRATAMIENTO5 | 0,393 | 0,221 | 0,396 | -0,225 | 1,011 |
| | TRATAMIENTO5 | TRATAMIENTO1 | -1,427 | 0,221 | 0,000 | -2,045 | -0,809 |
| | | TRATAMIENTO2 | -0,378 | 0,221 | 0,434 | -0,996 | 0,240 |
| | | TRATAMIENTO3 | -0,521 | 0,221 | 0,140 | -1,139 | 0,097 |
| | | TRATAMIENTO4 | -0,393 | 0,221 | 0,396 | -1,011 | 0,225 |

DHS de Tukey

**Cuadro 41:** Comparaciones múltiples de Dunnett en atributo color con diferentes tratamientos

| | (I) TRATAMIENTOS | (J) TRATAMIENTOS | Diferencia de medias (I-J) | Error típico | Sig. | Intervalo de confianza al 95% | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Límite inferior | Límite superior |
| T3 de Dunnett | 1 | 2 | -0,048 | 0,223 | 1,000 | -0,71 | 0,62 |
| | | 3 | -0,524 | 0,267 | 0,421 | -1,31 | 0,26 |
| | | 4 | -0,333 | 0,261 | 0,887 | -1,10 | 0,44 |
| | | 5 | -0,667 | 0,246 | 0,031 | -1,39 | 0,06 |
| | 2 | 1 | 0,048 | 0,223 | 1.000 | -0,62 | 0,71 |
| | | 3 | -0,476 | 0,226 | 0,335 | -1,15 | 0,20 |
| | | 4 | -0,286 | 0,220 | 0,874 | -0,94 | 0,37 |
| | | 5 | -0,619 | 0,201 | 0,037 | -1,21 | -0,02 |
| | 3 | 1 | 0,524 | 0,267 | 0,421 | -0,26 | 1,31 |
| | | 2 | 0,476 | 0,226 | 0,335 | -0,20 | 1,15 |
| | | 4 | 0,190 | 0,264 | 0,998 | -0,59 | 0,97 |
| | | 5 | 0,143 | 0,248 | 1.000 | -0,88 | 0,59 |
| | 4 | 1 | 0,333 | 0,261 | 0,887 | -0,44 | 1.10 |
| | | 2 | 0,286 | 0,220 | 0,874 | -0,37 | 0,94 |
| | | 3 | -0,190 | 0,264 | 0,998 | -0,97 | 0,59 |
| | | 5 | -0,333 | 0,242 | 0,835 | -1,05 | 0,38 |
| | 5 | 1 | 0,667 | 0,246 | 0,031 | -0,06 | 1.39 |
| | | 2 | 0,619 | 0,201 | 0,037 | 0,02 | 1.21 |
| | | 3 | 0,143 | 0,248 | 1,000 | -0,59 | 0,88 |
| | | 4 | 0,333 | 0,242 | 0,835 | -0,38 | 1,05 |

**Cuadro 42:** Comparaciones múltiples Dunnett en atributo sabor con diferentes tratamientos

| | (I) TRATAMIENTOS | (J) TRATAMIENTOS | Diferencia de medias (I-J) | Error típico | Sig. | Intervalo de confianza al 95% | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Límite inferior | Límite superior |
| T3 de Dunnett | 1 | 2 | -0,476 | 0,223 | 0,314 | -1,136 | 0,184 |
| | | 3 | -0,619 | 0,183 | 0,017 | -1,162 | -0,076 |
| | | 4 | -0,905 | 0,266 | 0,017 | -1,698 | -0,112 |
| | | 5 | -1,000 | 0,269 | 0,007 | -1,799 | -0,201 |
| | 2 | 1 | 0,476 | 0,223 | 0,314 | -0,184 | 1,136 |
| | | 3 | -0,143 | 0,200 | 0,998 | -0,738 | 0,452 |
| | | 4 | -0,429 | 0,278 | 0,729 | -1,253 | 0,396 |
| | | 5 | -0,524 | 0,280 | 0,487 | -1,354 | 0,307 |
| | 3 | 1 | 0.619 | 0,183 | 0,017 | 0,076 | 1,162 |
| | | 2 | 0,143 | 0,200 | 0,998 | -0,452 | 0,738 |
| | | 4 | -0,286 | 0,247 | 0,932 | -1,030 | 0,458 |
| | | 5 | -0,381 | 0,249 | 0,737 | -1,132 | 0,370 |
| | 4 | 1 | 0,905 | 0,266 | 0,017 | 0,112 | 1,698 |
| | | 2 | 0,429 | 0,278 | 0,729 | -0,396 | 1,253 |
| | | 3 | 0,286 | 0,247 | 0,932 | -0,458 | 1,030 |
| | | 5 | -0,095 | 0,316 | 1,000 | -1,027 | 0,836 |
| | 5 | 1 | 1,000 | 0,269 | 0,007 | 0,201 | 1,799 |
| | | 2 | 0,524 | 0,280 | 0,487 | -0,307 | 1,354 |
| | | 3 | 0,381 | 0,249 | 0,737 | -0,370 | 1,132 |
| | | 4 | 0,095 | 0,316 | 1,000 | -0,836 | 1,027 |

**Cuadro 43:** Comparaciones múltiple de Dunnett en atributo olor con diferentes tratamientos.

| | (I) TRATAMIENTOS | (J) TRATAMIENTOS | Diferencia de medias (I-J) | Error típico | Sig. | Intervalo de confianza al 95% | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Límite inferior | Límite superior |
| T3 de Dunnett | 1 | 2 | -0,238 | 0,201 | 0,925 | -0,838 | 0,361 |
| | | 3 | -0,714 | 0,162 | 0,001 | -1,193 | -0,235 |
| | | 4 | -0,667 | 0,186 | 0,009 | -1,217 | -0,116 |
| | | 5 | -1,095 | 0,230 | 0,000 | -1,784 | -0,407 |
| | 2 | 1 | 0,238 | 0,201 | 0,925 | -0,361 | 0,838 |
| | | 3 | -0,476 | 0,205 | 0,219 | -1,085 | 0,132 |
| | | 4 | -0,429 | 0,224 | 0,455 | -1,090 | 0,233 |
| | | 5 | -0,857 | 0,262 | 0,022 | -1,631 | -0,083 |
| | 3 | 1 | 0,714 | 0,162 | 0,001 | 0,235 | 1,193 |
| | | 2 | 0,476 | 0,205 | 0,219 | -0,132 | 1,085 |
| | | 4 | 0,048 | 0,189 | 1,000 | -0,513 | 0,608 |
| | | 5 | -0,381 | 0,233 | 0,660 | -1,077 | 0,315 |
| | 4 | 1 | 0,667 | 0,186 | 0,009 | 0,116 | 1,217 |
| | | 2 | 0,429 | 0,224 | 0,455 | -0,233 | 1,090 |
| | | 3 | -0,048 | 0,189 | 1,000 | -0,608 | 0,513 |
| | | 5 | -0,429 | 0,250 | 0,601 | -1,169 | 0,312 |
| | 5 | 1 | 1,095 | 0,230 | 0,000 | 0,407 | 1,784 |
| | | 2 | 0,857 | 0,262 | 0,022 | 0,083 | 1,631 |
| | | 3 | 0,381 | 0,233 | 0,660 | -0,315 | 1,077 |
| | | 4 | 0,429 | 0,250 | 0,601 | -0,312 | 1,169 |

**Cuadro 44:** Interpretación de la confiabilidad de un instrumento.

| Correlación | Directa (r)* |
|---|---|
| Alta | 0,70 a 1,00 |
| Moderado | 0,40 a 0,70 |
| Baja | 0,10 a 0,40 |
| Nula | 0,10 a 10 |

**Cuadro 45:** Estimación del coeficiente de confiabilidad en la medición con el equipo colorímetro

| N | X | Y | $X^2$ | $Y^2$ | XY | R |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 82,08 | 81,56 | 6737,13 | 6652,03 | 6694,44 | |
| 2 | 78,20 | 79,93 | 6115,24 | 6388,80 | 6250,53 | |
| 3 | 79,28 | 80,28 | 6285,32 | 6444,88 | 6364,60 | **0,98** |
| 4 | 82,98 | 83,16 | 6885,68 | 6915,59 | 6900,62 | |
| 5 | 80,28 | 80,98 | 6444,88 | 6557,76 | 6501,07 | |
| 6 | 87,91 | 88,06 | 7728,17 | 7754,56 | 7741,35 | |
| | **490,73** | **493,97** | **40196,41** | **40713,63** | **40452,62** | |

**Cuadro 46:** Estimación del coeficiente de confiabilidad en la medición con el equipo pH-metro

| N | X | Y | $X^2$ | $Y^2$ | XY | R |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 6,20 | 6,25 | 38,440 | 39,063 | 38,750 | |
| 2 | 6,21 | 6,18 | 38,564 | 38,192 | 38,378 | |
| 3 | 6,17 | 6,20 | 38,069 | 38,440 | 38,254 | **0,95** |
| 4 | 6,22 | 6,21 | 38,688 | 38,564 | 38,626 | |
| 5 | 6,20 | 6,22 | 38,440 | 38,688 | 38,564 | |
| 6 | 6,42 | 6,41 | 41,216 | 41,088 | 41,152 | |
| | **37,42** | **37,47** | **233,42** | **234,04** | **233,72** | |

**Figura 40:** Recepción de materia prima



**Figura 41:** Selección y clasificación de la materia prima



**Figura 42:** Lavado y enjuague de la materia prima





**Figura 43:** Sanitización a 200 ppm a 10 °C por 10 minutos



**Figura 44:** Pelado y cortado





**Figura 45:** Sanitización a 100 ppm a 10 °C por 10 segundos

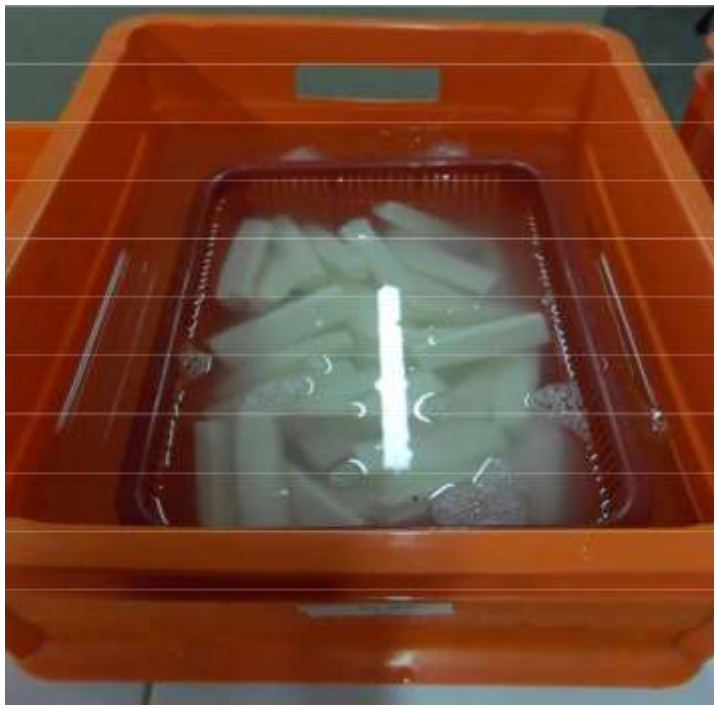


**Figura 46:** Inmersión en ácido cítrico



**Figura 47:** Envasado y almacenado

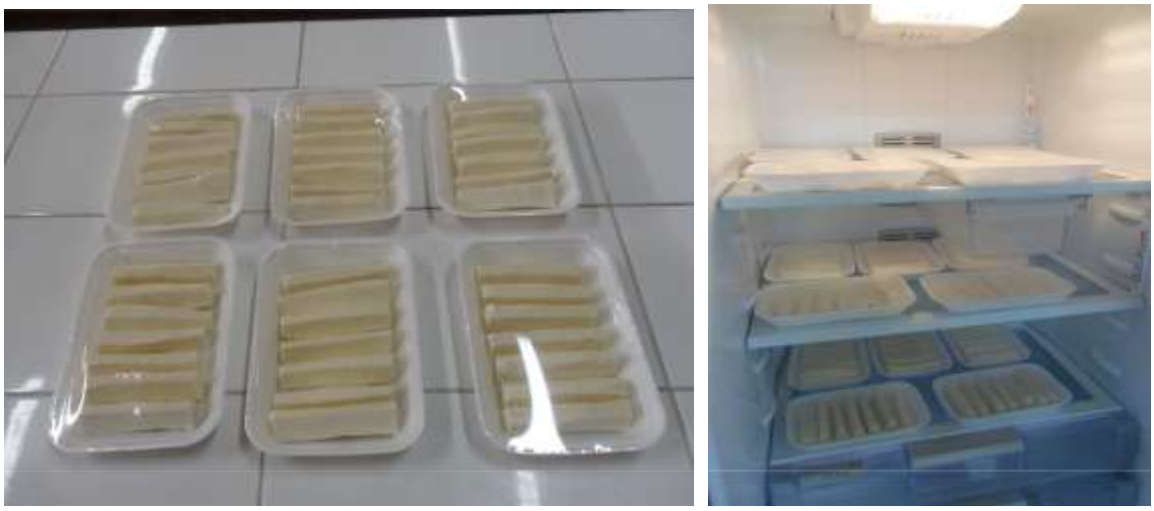


**Figura 48:** Medición del color y del pH



**Figura 49:** Determinación del porcentaje de acidez.



**Análisis Sensorial**

**Figura 50:** Análisis sensorial en yuca mínimamente procesada





**Figura 51:** Variación del color en el tratamiento T1 de la yuca mínimamente procesada, almacenada en refrigeración (4°C)

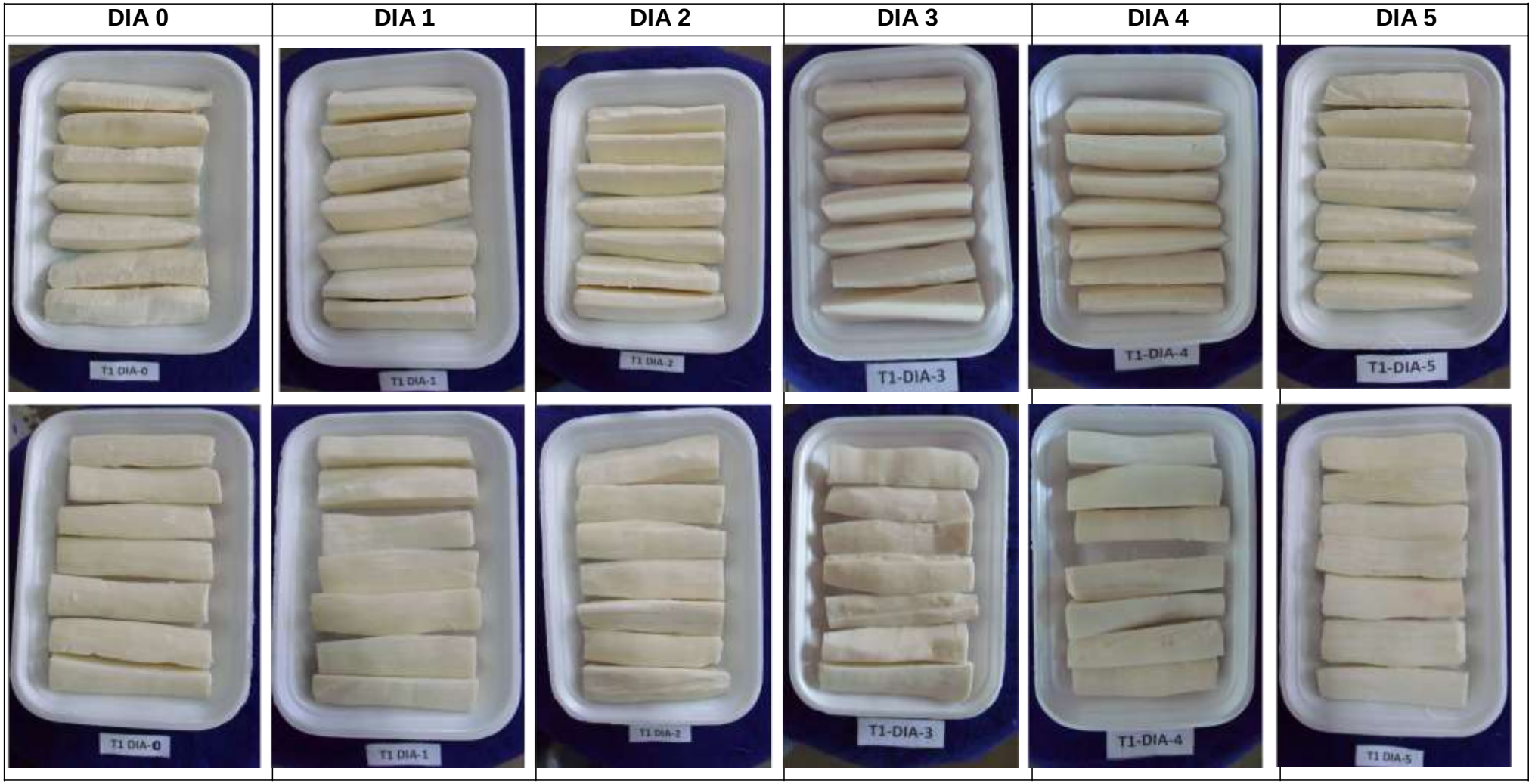


**Figura 52**: Variación del color en el tratamiento T2 de la yuca mínimamente procesada, almacenada en refrigeración (4°C)

| DIA 0 | DIA 1 | DIA 2 | DIA 3 | DIA 4 | DIA 5 |
|---|---|---|---|---|---|
|   |   |   |   |   |   |
|   |   |   |   |   |   |

**Figura 53:** Variación del color en el tratamiento T3 de la yuca mínimamente procesada, almacenada en refrigeración (4°C)

| DIA 0 | DIA 1 | DIA 2 | DIA 3 | DIA 4 | DIA 5 |
|---|---|---|---|---|---|
|   |   |   |   |   |   |
|   |   |   |   |   |   |

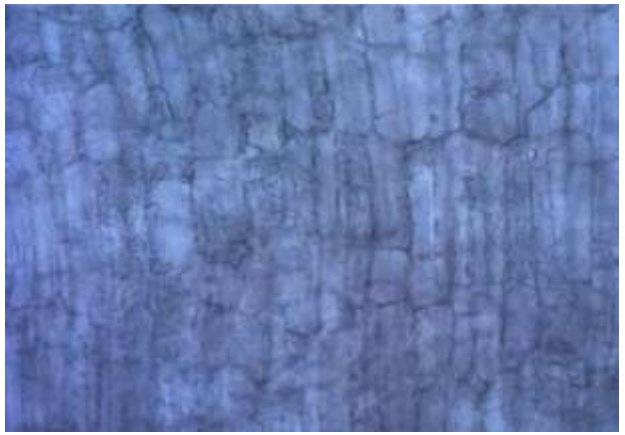
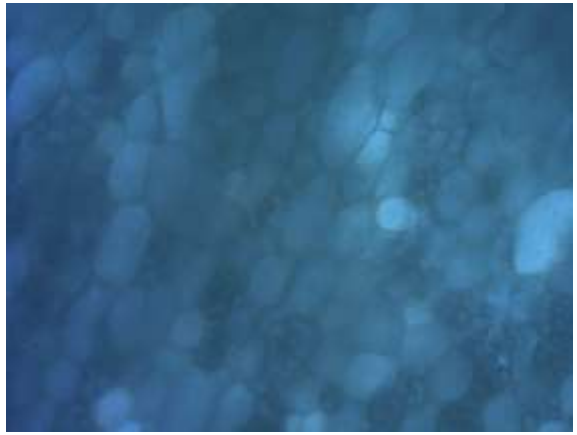
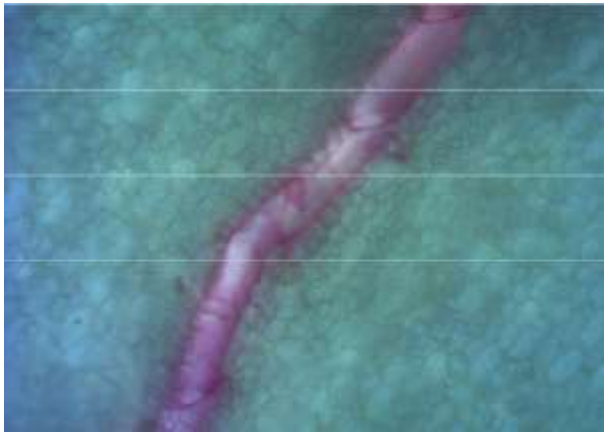
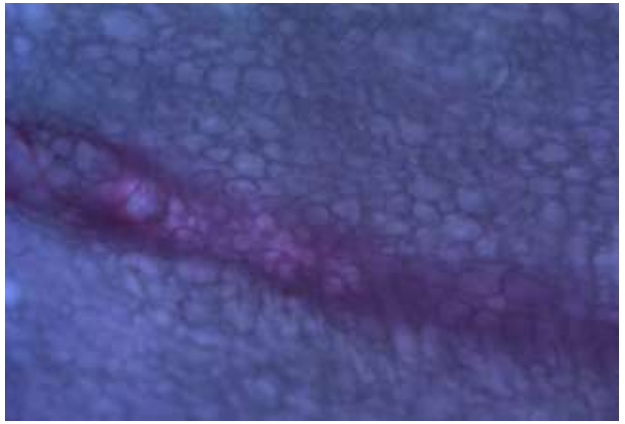
**Figura 54:** Variación del color en el tratamiento T4 de la yuca mínimamente procesada, almacenada en refrigeración (4°C)

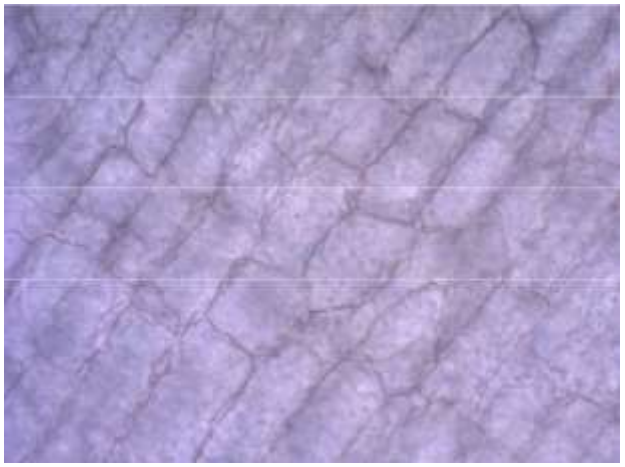
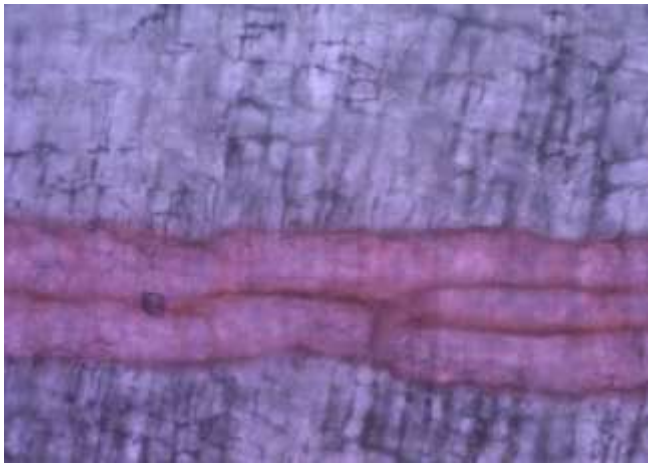
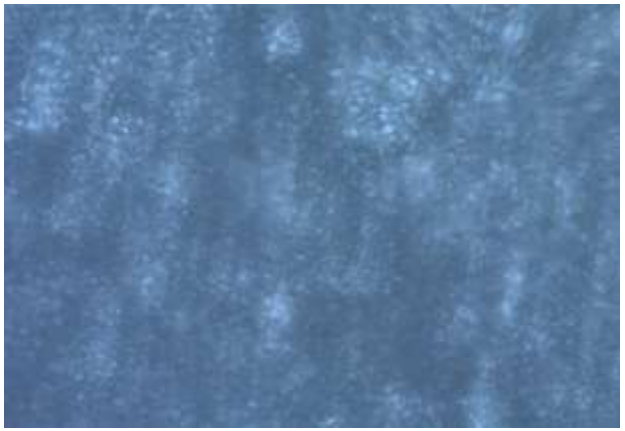
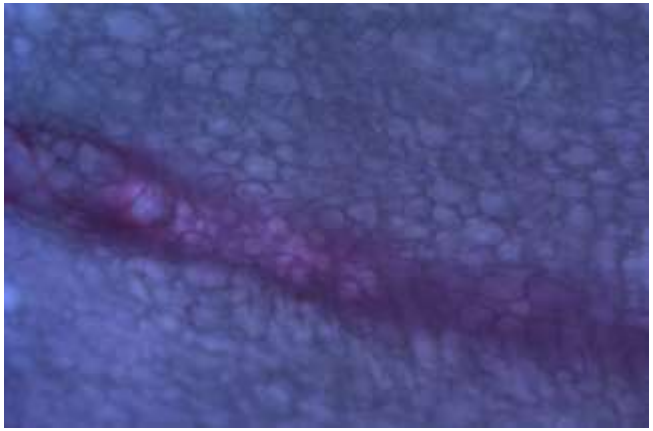
| DIA 0 | DIA 1 | DIA 2 | DIA 3 | DIA 4 | DIA 5 |
|---|---|---|---|---|---|
|   |   |   |   |   |   |
|   |   |   |   |   |   |

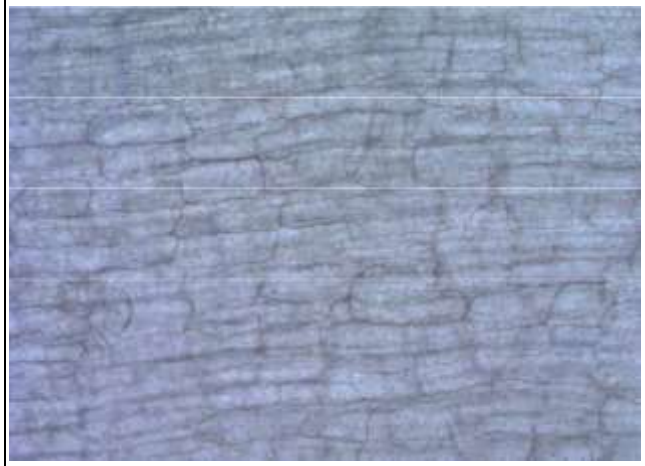
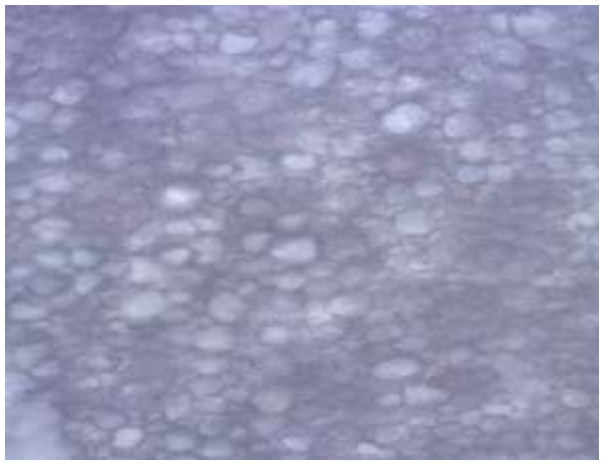
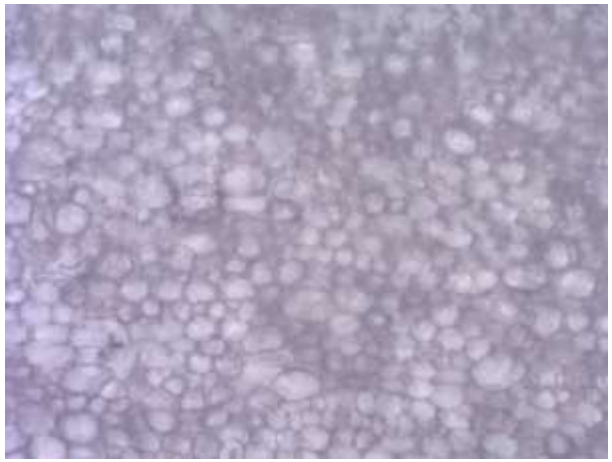
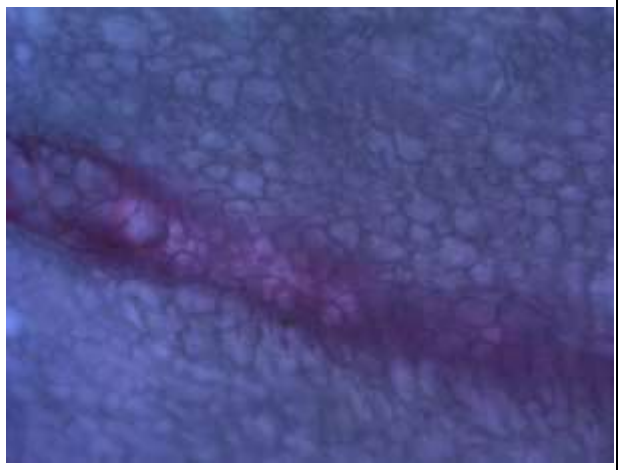
**Figura 55:** Variación del color en el tratamiento T5 de la yuca mínimamente procesada, almacenada en refrigeración (4°C)

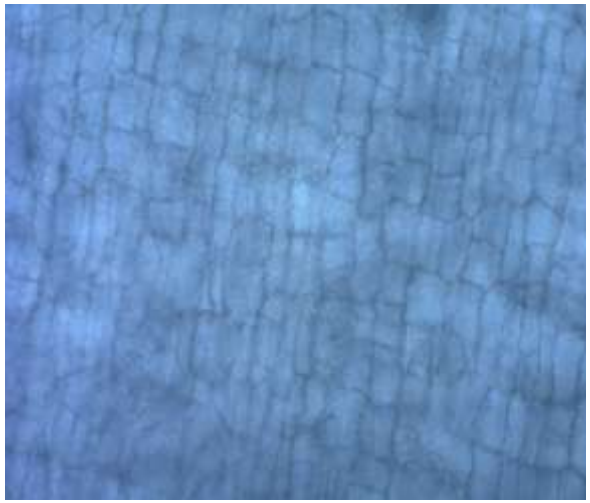
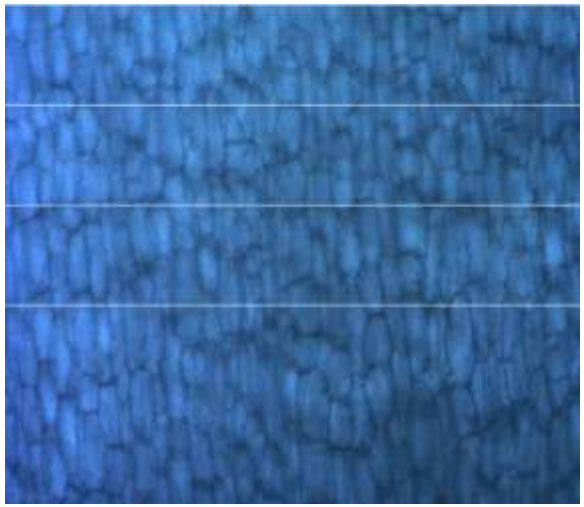
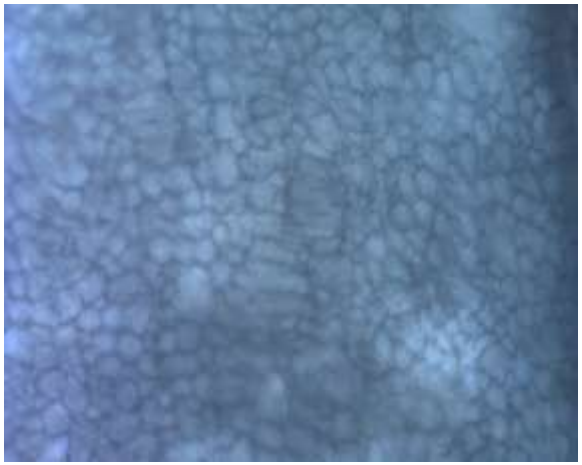
| DIA 0 | DIA 1 | DIA 2 | DIA 3 | DIA 4 | DIA 5 |
|---|---|---|---|---|---|
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |

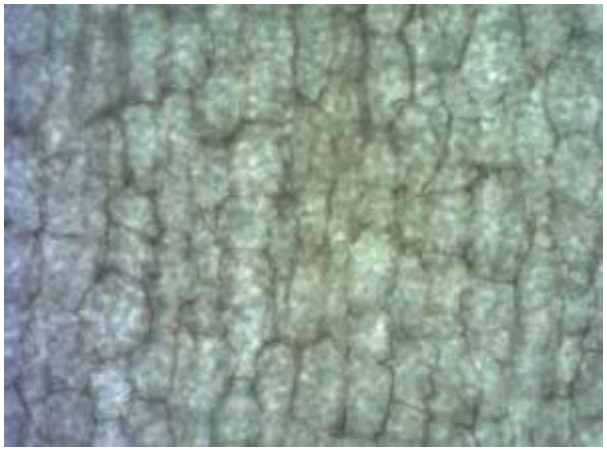
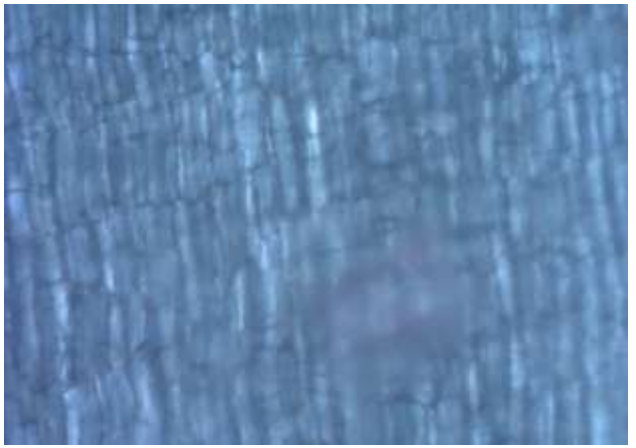
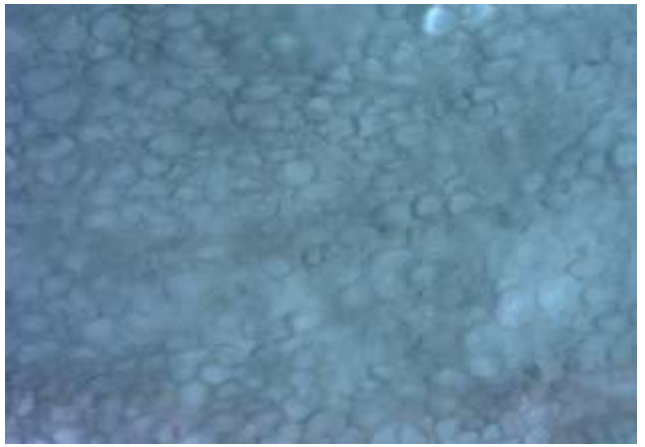
**Figura 56:** Variación de la estructura anatómica de la yuca mínimamente procesada durante el almacenamiento

| Figura 56: Variación de la estructura anatómica de la yuca en el tratamiento 1 | | |
|---|---|---|
| **DIA 0** | **DIA 3** | **DIA 5** |
|  |  |  |
|  |  |  |

| Figura 57: Variación de la estructura anatómica de la yuca en el tratamiento 2 | | |
|---|---|---|
| **DIA 0** | **DIA 3** | **DIA 5** |
|  |  |  |
|  |  |  |

| Figura 58: Variación de la estructura anatómica de la yuca en el tratamiento 3 | | |
|---|---|---|
| **DIA 0** | **DIA 3** | **DIA 5** |
|  |  |  |
|  |  |  |

| Figura 59: Variación de la estructura anatómica de la yuca en el tratamiento 4 | | |
|---|---|---|
| **DIA 0** | **DIA 3** | **DIA 5** |
|  |  | |
|  |  | |

| Figura 60: Variación de la estructura anatómica de la yuca en el tratamiento 5 | | |
|---|---|---|
| **DIA 0** | **DIA 3** | **DIA 5** |
|  |  |  |
|  |  |  |