



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN
ALIMENTOS



CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

Efecto del ácido ascórbico y del pirofosfato ácido de sodio en el contenido de antocianinas totales y micronutrientes de hojuelas fritas de papa nativa (*Solanum andigena*) de la variedad *Puca Shungo* entera y pelada.

Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación, previa la obtención del Título de Ingeniero en Alimentos, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.

Autor: Jorge Giovanni Almache Soria

Tutor: Ing. PhD. Milton Rubén Ramos Moya

Ambato – Ecuador

Agosto 2018

APROBACIÓN DEL TUTOR

Ing. PhD. Milton Rubén Ramos Moya

CERTIFICA:

Que el presente trabajo de titulación ha ido prolijamente revisado. Por lo tanto autorizo la presentación de este Trabajo de Titulación modalidad Proyecto de Investigación, el mismo que responde a las normas establecidas en el Reglamento de Títulos y Grados de la Facultad.

Ambato, 2 de Julio del 2018



Ing. PhD. Milton Rubén Ramos Moya

C.I. 180111963-5

TUTOR

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Jorge Giovanni Almache Soria, manifiesto que los resultados obtenidos en el presente Proyecto de Investigación, previo a la obtención del título de Ingeniero en Alimentos son absolutamente originales, auténticos y personales; a excepción de las citas.



Jorge Giovanni Almache Soria

C.I. 050375556-3

AUTOR

APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos Profesores Calificadores, aprueban el presente Trabajo de Titulación modalidad Proyecto de Investigación, el mismo que ha sido elaborado de conformidad con las disposiciones emitidas por la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato.

Para constancia firman:



Presidente del Tribunal



Ing. M. Sc. Diego Manolo Salazar Garcés
C.I. 180312429-4



Ing. Ph. Dayana Cristina Morales Acosta
C.I. 180413557-0

Ambato, 25 de Julio del 2018

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de éste proyecto de investigación o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Proyecto, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este Proyecto dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando ésta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.



Jorge Giovanni Almache Soria

C.I. 050375556-3

AUTOR

DEDICATORIA

***A Dios, a mis madres Rosa Coro,
Margarita Soria y Juana Chango, a
mis hermanos, toda mi familia y
amigos.***

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Dios por haberme cuidado y protegido durante toda mi vida, gracias por permitirme cambiar mi destino a pesar de todo los problemas que una vez algún día sentía que me acaban el alma, por haberme sacado del fondo del abismo, por ser la luz en mi camino lleno de oscuridad, por alejarme de la maldad de la gente. Un sincero agradecimiento a toda mi familia, a mi madre Margarita Soria, a mi abuelita Rosa Coro, a mi abuelita Maria Juana, mis hermanos, mis tíos, en fin a todos los que realmente me apoyaron de buen corazón.

Un agradecimiento de manera muy especial al Doc. Iñaki por los consejos, apoyo, paciencia y ayuda en la realización del presente proyecto de tesis, por ser una gran persona y buscar el bienestar de los estudiantes tanto a nivel académico como social. Al Doc. Jorge Briceño por compartir sus conocimientos y buenas enseñanzas conmigo, por haberme brindado su amistad y ayuda incondicional. A la Ing. Mónica y el Ing. Mario conjuntamente con el Proyecto Canje de Deuda Ecuador-España por haber hecho posible el desarrollo experimental de mi tesis, brindado de manera desinteresada los medios, recursos y materiales para la realización de mi proyecto de investigación, además de brindarme su amistad, guía y ayuda incondicional. Al Ing. M. Sc. Diego y a mi tutor Dr. Milton Ramos, por su paciencia y enseñanzas. ¡Dios los colme de bendiciones siempre!

A mis amigos que me acompañaron en transcurso de mi vida universitaria, por alegrarme la vida, por su apoyo, ayuda y por inspirarme a ser mejor cada día, ¡Dioslepague por todos los momentos vividos juntos!

INDICE

| | |
|---|------|
| PORTADA..... | i |
| APROBACIÓN DEL TUTOR..... | ii |
| AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN | iii |
| APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE GRADO..... | iv |
| DERECHOS DE AUTOR | v |
| DEDICATORIA | vi |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | xv |
| RESUMEN..... | xvii |
| CAPITULO I..... | 4 |
| EL PROBLEMA..... | 4 |
| 1.1 Tema..... | 4 |
| 1.2 Justificación | 4 |
| 1.3 Objetivos..... | 7 |
| 1.3.1 Objetivo general..... | 7 |
| 1.3.2 Objetivos específicos | 7 |
| MARCO TEÓRICO | 8 |
| 2.1 Antecedentes investigativos | 8 |
| 2.1.1 Papa (Solanum tuberosum)..... | 8 |
| 2.1.2 Papa nativa (Solanum andigena)..... | 9 |
| 2.1.3 Nutrientes minerales..... | 10 |
| 2.1.4 Antocianinas | 11 |
| 2.1.5 Fritura | 12 |
| 2.1.6 Acidulantes | 13 |
| 2.1 Hipótesis..... | 15 |

| | |
|--|----|
| 2.1.1 Efecto de la acidificación, presentación y procesamiento en el contenido de antocianinas totales en hojuelas fritas de papa nativa <i>Puca Shungo</i> | 15 |
| 2.1.1.1 Hipótesis nula (Ho) | 15 |
| 2.1.1.2 Hipótesis alternativa (Ha)..... | 15 |
| 2.1.2 Efecto de la acidificación, presentación y procesamiento en el contenido de micronutrientes (hierro, calcio y magnesio) en hojuelas fritas de papa nativa <i>Puca Shungo</i> | 15 |
| 2.1.2.1 Hipótesis nula (Ho) | 15 |
| 2.1.2.2 Hipótesis alternativa (Ha)..... | 15 |
| 2.2 Señalamiento de las variables | 16 |
| 2.2.1 Variables independientes..... | 16 |
| 2.2.2 Variables dependientes | 16 |
| CAPITULO III | 17 |
| MATERIALES Y MÉTODOS..... | 17 |
| 3.1 Materiales | 17 |
| 3.1.1 Materia prima..... | 17 |
| 3.1.1.1 Muestras de papa nativa <i>Puca Shungo</i> | 17 |
| 3.1.2 Insumos | 17 |
| 3.1.2.1 Aceite de fritura..... | 17 |
| 3.1.2.2 Acidulantes | 17 |
| 3.1.3 Materiales | 17 |
| 3.1.3.1 Materiales | 17 |
| 3.1.4 Equipos..... | 18 |
| 3.1.5 Reactivos | 18 |
| 3.1.5.1 Determinación de minerales | 18 |
| 3.1.5.2 Determinación de antocianinas totales | 19 |

| | | |
|------------------|---|----|
| 3.1.5.3 | Análisis físico-químicos y determinación de vida útil | 19 |
| 3.2 | Métodos | 19 |
| 3.2.1 | Proceso de elaboración de hojuelas de papa | 19 |
| 3.2.2 | Obtención de las muestras | 20 |
| 3.2.3 | Análisis químicos | 20 |
| 3.2.3.1 | Humedad (%H) | 20 |
| 3.2.3.2 | Actividad de agua (Aw) | 20 |
| 3.2.3.3 | Determinación de antocianinas totales (AT) | 20 |
| 3.2.3.4 | Determinación de calcio (Ca), hierro (Fe) y magnesio (Mg) | 22 |
| 3.2.4 | Determinación de la vida útil y calidad sensorial del mejor tratamiento | 24 |
| 3.2.4.1 | Vida útil mediante medición instrumental del Periodo de Inducción (PI) | 24 |
| 3.2.4.2 | Análisis sensorial | 25 |
| 3.3 | Diseño experimental | 25 |
| CAPITULO IV..... | | 27 |
| 4 | RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 27 |
| 4.1 | Análisis y discusión de los resultados..... | 27 |
| 4.1.1 | Concentración de antocianinas totales, hierro, calcio y magnesio en hojuelas crudas de papa nativa <i>Puca Shungo</i> con y sin cáscara | 27 |
| 4.1.1.1 | Antocianinas totales..... | 27 |
| 4.1.1.2 | Nutrientes minerales (Fe, Ca y Mg) | 29 |
| 4.1.2 | Metodología para la elaboración de hojuelas fritas de papa nativa <i>Puca Shungo</i> | 36 |
| 4.1.2.1 | Proceso de elaboración de hojuelas fritas | 36 |
| 4.1.3 | Concentración de antocianinas totales, hierro, calcio y magnesio en hojuelas fritas de papa nativa <i>Puca Shungo</i> con y sin cáscara | 37 |
| 4.1.3.1 | Antocianinas totales..... | 37 |

| | | |
|---------|--|----|
| 4.1.3.2 | Nutrientes minerales..... | 39 |
| 4.1.4 | Humedad y actividad de agua en hojuelas fritas con cáscara y sin cáscara..... | 44 |
| 4.1.4.1 | Humedad..... | 44 |
| 4.1.4.2 | Actividad de agua..... | 45 |
| 4.1.5 | Determinación y caracterización del mejor tratamiento..... | 46 |
| 4.1.6 | Determinación de la vida útil y evaluación sensorial del mejor tratamiento..... | 47 |
| 4.2 | Verificación de hipótesis..... | 49 |
| 4.2.1 | Efecto de la acidificación, presentación y procesamiento en el contenido de antocianinas totales en hojuelas fritas de papa nativa <i>Puca Shungo</i> | 49 |
| 4.2.2 | Efecto de la acidificación, presentación y procesamiento en el contenido de micronutrientes (hierro, calcio y magnesio) de hojuelas fritas de papa nativa <i>Puca Shungo</i> | 50 |
| | CAPITULO V..... | 51 |
| | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 51 |
| 5.1 | Conclusiones..... | 51 |
| 5.2 | Recomendaciones..... | 52 |
| | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 53 |
| | ANEXOS..... | 57 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Factores y niveles controlados en la elaboración de hojuelas fritas de papa nativa <i>Puca Shungo</i> | 25 |
| Tabla 2. Tratamientos empleados en la elaboración de hojuelas fritas de papa nativa <i>Puca Shungo</i> | 26 |
| Tabla 3. Concentración de antocianinas totales (mg de cianidin-3-glucósido/100 g) en hojuelas crudas de papa nativa <i>Puca Shungo</i> con y sin cáscara tratadas con PAS al 0,5 % por 30 min y AA al 0,8 % por 60 min. .. | 28 |
| Tabla 4. Concentraciones de Fe, Mg y Ca (ug/g) en hojuelas crudas de papa nativa <i>Puca Shungo</i> con y sin cáscara tratadas con PAS al 0,5 % por 30 min y AA al 0,8 % por 60 min. | 30 |
| Tabla 5. Concentración de antocianinas totales (mg de cianidin-3-glucósido/100 g) en hojuelas fritas de papa nativa <i>Puca Shungo</i> con y sin cáscara tratadas con PAS al 0,5 % por 30 min y AA al 0,8 % por 60 min. .. | 37 |
| Tabla 6. Concentraciones de Fe, Mg y Ca (µg/g) en hojuelas fritas de papa nativa <i>Puca Shungo</i> con y sin cáscara tratadas con PAS al 0,5 % por 30 min y AA al 0,8 % por 60 min. | 39 |
| Tabla 7. Humedad (%) en hojuelas fritas de papa nativa <i>Puca Shungo</i> con y sin cáscara tratadas con PAS al 0,5 % por 30 min y AA al 0,8 % por 60 min. | 45 |
| Tabla 8. Actividad de agua (Aw) en hojuelas fritas de papa nativa <i>Puca Shungo</i> con y sin cáscara tratadas con PAS al 0,5 % por 30 min y AA al 0,8 % por 60 min..... | 46 |
| Tabla 9. Caracterización físico química del mejor tratamiento T6 (a1b0c1). 46 | |
| Tabla 10. Periodo de Inducción (PI) del mejor tratamiento (T6) a diferentes temperaturas..... | 47 |

| | |
|--|----|
| Tabla 11. Concentración de Antocianinas Totales en papa nativa <i>Puca Shungo</i> fresca, control y tratamientos..... | 57 |
| Tabla 12. Pérdida de AT (%) en papa nativa <i>Puca Shungo</i> control y tratamientos | 57 |
| Tabla 13. Concentración de micronutrientes (Fe, Mg y Ca) en papa nativa <i>Puca Shungo</i> fresca, control y tratamientos. | 58 |
| Tabla 14. Perdida (%) de micronutrientes (Fe, Mg y Ca) en papa nativa <i>Puca Shungo</i> | 58 |
| Tabla 15. Valores de la evaluación sensorial del mejor tratamiento..... | 58 |
| Tabla 16. Análisis de Varianza de la concentración de AT de las hojuelas de papa nativa <i>Puca Shungo</i> con y sin cáscara tratadas con PAS al 0,5 % por 30 min y AA al 0,8 % por 60 min, crudas y fritas..... | 59 |
| Tabla 17. Pruebas de Múltiple Rangos para Antocianinas Totales por Acidificación - Método: 95,0 porcentajes Tukey HSD | 59 |
| Tabla 18. Pruebas de Múltiple Rangos para Antocianinas Totales por Presentación - Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD | 59 |
| Tabla 19. Pruebas de Múltiple Rangos para Antocianinas Totales por Procesamiento - Método: 95,0 porcentajes Tukey HSD | 59 |
| Tabla 20. Análisis de Varianza de Nutrientes Minerales ($\mu\text{g/g}$) de las hojuelas de papa nativa <i>Puca Shungo</i> con y sin cáscara tratadas con PAS al 0,5 % por 30 min y AA al 0,8 % por 60 min, crudas y fritas. | 60 |
| Tabla 21. Pruebas de Múltiple Rangos para Micronutrientes Minerales por Acidificación - Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD | 60 |
| Tabla 22. Pruebas de Múltiple Rangos para Micronutrientes Minerales por Presentación - Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD | 60 |

| | |
|--|----|
| Tabla 23. Pruebas de Múltiple Rangos para Micronutrientes Minerales por Procesamiento - Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD | 60 |
| Tabla 24. Pruebas de Múltiple Rangos para Micronutrientes Minerales por Tratamientos - Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD | 60 |
| Tabla 25. Pruebas de Múltiple Rangos para Antocianinas Totales por Tratamientos - Método: 95,0 porcentajes Tukey HSD | 61 |
| Tabla 26. Pruebas de Múltiple Rangos para Micronutrientes Minerales por Tratamientos - Método: 95,0 porcentajes Tukey HSD | 61 |
| Tabla 27. Pruebas de Múltiple Rangos para Antocianinas Totales por Tratamientos - Método: 95,0 porcentajes Tukey HSD | 61 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Composición química de la papa | 8 |
| Figura 2. Papa nativa mejorada INIAP- <i>Puca Shungo</i> | 9 |
| Figura 3. Estructura de las antocianidinas más comunes en la naturaleza y sus patrones de sustitución. | 11 |
| Figura 4. Pérdida de antocianinas totales (%) en hojuelas crudas de papa nativa <i>Puca Shungo</i> . a0: Hojuelas sin cáscara, a1: Hojuelas con cáscara, b0: PAS al 0,5 % por 30 min, b1: AA al 0,8 % por 60 min, c0: sin fritura. | 29 |
| Figura 5. Pérdida de Fe (%) en hojuelas crudas de papa nativa <i>Puca Shungo</i> . a0: Hojuelas sin cáscara, a1: Hojuelas con cáscara, b0: PAS al 0,5 % por 30 min, b1: AA al 0,8 % por 60 min, c0: Sin fritura. | 32 |
| Figura 6. Pérdida de Mg (%) en hojuelas crudas de papa nativa <i>Puca Shungo</i> . a0: Hojuelas sin cáscara, a1: Hojuelas con cáscara, b0: 0,5% PAS por 30 min, b1: 0,8% AA por 60 min, c0: Sin fritura | 34 |
| Figura 7. Pérdida de Ca (%) en hojuelas crudas de papa <i>Puca Shungo</i> . a0: Hojuelas sin cáscara, a1: Hojuelas con cáscara, b0: PAS al 0,5 % por 30 min, b1: AA al 0,8 % por 60 min, c0: Sin fritura..... | 36 |
| Figura 8. Pérdida de antocianinas totales (%) en hojuelas fritas de papa nativa <i>Puca Shungo</i> . a0: Hojuelas sin cáscara, a1: Hojuelas con cáscara, b0: PAS al 0,5% por 30 min, b1: AA al 0,8% por 60 min, c1: Fritura en aceite de palma 180 °C durante 5 min. | 39 |
| Figura 9. Pérdida de Fe (%) en hojuelas fritas de papa nativa <i>Puca Shungo</i> . a0: Hojuelas sin cáscara, a1: Hojuelas con cáscara, b0: PAS al 0,5% por 30 min, b1: AA al 0,8% por 60 min, c1: Fritura en aceite de palma 180 °C durante 5 min. | 41 |
| Figura 10. Pérdida de Mg (%) en hojuelas fritas de papa nativa <i>Puca Shungo</i> . a0: Hojuelas sin cáscara, a1: Hojuelas con cáscara, b0: PAS al 0,5 | |

| | |
|--|----|
| % por 30 min, b1: AA al 0,8 % por 60 min, c1: Fritura en aceite de palma 180 °C durante 5 min..... | 42 |
| Figura 11. Pérdida de Ca (%) en hojuelas fritas de papa nativa <i>Puca Shungo</i> . a0: Hojuelas sin cáscara, a1: Hojuelas con cáscara, b0: PAS al 0,5 % por 30 min, b1: AA al 0,8 % por 60 min, c1: Fritura en aceite de palma 180 °C durante 5 min..... | 44 |
| Figura 12. Linealización de los resultados de PI del mejor tratamiento (T6) a 90, 100 y 110 °C. | 48 |
| Figura 14. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de hojuelas fritas de papa nativa de la variedad <i>Puca Shungo</i> | 62 |
| Figura 15. Rebanado de papa en hojuelas | 64 |
| Figura 16. Lavado de hojuelas para eliminar el almidón | 64 |
| Figura 17. Inmersión en las soluciones ácidas..... | 65 |
| Figura 19. Enfriamiento de hojuelas tratadas..... | 66 |
| Figura 20. Secado de muestras para análisis físico-químicos | 66 |
| Figura 21. Agitación de muestras en buffers para determinación de AT..... | 67 |
| Figura 22. Digestión ácida de muestras para determinación de minerales . | 67 |
| Figura 23. Determinación de la vida útil de hojuelas fritas con cáscara tratadas con PAS (OXITEST) | 68 |
| Figura 24. Determinación de aw de hojuelas fritas (AQUALAB) | 68 |
| Figura 25. Evaluación sensorial de hojuelas fritas tratadas con PAS | 69 |

RESUMEN

La papa nativa (*Solanum andigena*) es reconocida por presentar un elevado contenido de minerales y de fitonutrientes, en especial aquellos que presentan actividad antioxidante como las antocianinas. Estos nutrientes son inestables y susceptibles a la degradación por diversos factores como el procesamiento. Luego, el objetivo de la investigación fue evaluar los efectos de los ácidos ascórbico (AA) y pirofosfato ácido de sodio (PAS) en el contenido de antocianinas totales y micronutrientes (hierro, calcio y magnesio) en hojuelas fritas de papa de la variedad *Puca Shungo* entera y pelada. El contenido de antocianinas se cuantificó mediante espectrofotometría UV-visible, y los micronutrientes por espectroscopia de absorción atómica a la llama. Se planteó un diseño experimental factorial con 8 tratamientos para evaluar los efectos de la acidificación (PAS al 0,5 % por 30 min y AA al 0,8 % por 60 min), presentación (con cáscara y sin cáscara) y procesamiento (fritura en aceite de palma a 180 °C durante 5 min y sin fritura). Se observó diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos, y se determinó como mejor tratamiento a las hojuelas fritas con cáscara tratadas con PAS por su elevada concentración de antocianinas (32,62 mg/100 g); y contenidos de Fe, Mg y Ca de 10,97, 344,63 y 330,32 $\mu\text{g/g}$, respectivamente; además, su tiempo de vida útil estimado fue de 237 días a 20°C, con una calidad sensorial aceptable.

Palabras clave: Ácido ascórbico, pirofosfato ácido de sodio, *Puca Shungo*, hojuelas de papa, papas nativas.

ABSTRACT

Native potatoes (*Solanum andigena*) are recognized for their high minerals and phytonutrients contents, specifically those that show antioxidant activity such as anthocyanins. These nutrients are very unstable and sensitive to some factors, one of them the processing of food. Then, the purpose of this investigation was to evaluate the effect of ascorbic acid (AA) and sodium pyrophosphate acid (SAPP) in the content of total anthocyanins and micronutrients (iron, calcium and magnesium) in peeled and unpeeled potatoes chips of the *Puca Shungo* variety. Anthocyanins and micronutrients contents were evaluated by UV-visible spectrophotometry and flame atomic absorption spectrophotometry, respectively. An experimental design with 8 treatments was proposed to evaluate the effects of acidification (SAPP 0,5 % for 30 min and AA 0,8 % for 60 min), presentation (peeled and unpeeled) and processing (frying in palm oil to 180°C for 5 min and without frying). It was observed that all treatments presented significant differences ($p < 0,05$), and it was determined as best treatment the unpeeled chips processed with SAPP. This treatment showed the highest content of anthocyanins (32,62 mg/100 g); and iron, magnesium and calcium were 10,97, 344,63 and 330,32 $\mu\text{g/g}$, respectively, with an estimated shelf life of 237 days at 20°C, and acceptable sensorial quality.

Keywords: Ascorbic acid, sodium pyrophosphate acid, *Puca Shungo*, potato flakes, native potatoes.

INTRODUCCIÓN

La papa es uno de los cultivos más importantes a nivel mundial, encontrándose en el tercer lugar en comparación con los cultivos principales como son el de trigo y arroz, respectivamente, con una producción de 385 millones de toneladas de tubérculos producidos en 19,2 millones de hectáreas todo esto durante el año 2014 **(Mastrocola et al., 2016)**. Su consumo está ligado esencialmente a que la papa posee una gran cantidad de micronutrientes, vitaminas y minerales esenciales para el mantener una buena salud humana **(FAO, 2009)**.

Los países andinos son los precursores de la producción y consumo de papa desde hace varios miles de años atrás, conociéndose que existen alrededor de 2000 especies conocidas; agrupadas en silvestres y cultivadas, en estas últimas se encuentran las papas nativas (*Solanum andigena*), cuyo origen se remonta a un proceso de domesticación, selección y conservación ancestral **(Monteros y Reinoso, 2010)**. El Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) reporta actualmente la existencia en Ecuador de más de 550 variedades nativas y más de 20 mejoradas, entre las cuales se destacan las papas nativas mejoradas INIAP-*Yana Shungo* e INIAP-*Puca Shungo* seleccionadas por su importancia comercial, agronómica y de calidad **(Mastrocola et al., 2016)**. Las papas nativas en general poseen un alto valor nutritivo y sensorial, pero su consumo es escaso en comparación con la papa comercial. Además presentan una gran diversidad de formas, colores, sabores y texturas. Así, la variedad *Puca Shungo* (corazón rojo) muestra una coloración roja-morada por la presencia de antocianinas de la piel y la pulpa, y cuya capacidad antioxidante se relaciona directamente con este contenido **(Analuisa et al., 2016)**.

La papa en general posee poca grasa y un alto contenido de vitamina C, carbohidratos y micronutrientes minerales como fósforo (P), potasio (K), magnesio (Mg), calcio (Ca) y hierro (Fe), por lo cual se la considera como un alimento de alta calidad nutricional **(Pallo, 2014)**. Por su parte las papas nativas poseen mayor contenido de sólidos, carotenoides, flavonoides y

antocianinas, que las hacen aún más nutritivas y con un sabor especial, por lo cual son altamente valoradas por agricultores, consumidores y nutricionistas **(Monteros et al., 2005)**.

Las antocianinas presentes en las papas nativas son esencialmente antioxidantes naturales. Químicamente se definen como glucósidos de las antocianidinas, cuyos colores pueden variar desde un color azul intenso hasta el color rojo, destacándose por su valor nutricional, útil para contrarrestar el actual déficit nutricional de la población, previniendo la aparición de enfermedades de tipo degenerativo producidas por el alto nivel de radicales que se forman en el cuerpo humano **(Badui, 2014)**. Entre los micronutrientes presentes en la papa nativa, el hierro tiene una gran importancia puesto que forma parte de los componentes de los sistemas de defensa antioxidante en el organismo. Así, **Suárez et al. (2014)** mencionan que ciertos micronutrientes minerales son importantes puesto que presentan capacidad de captación de radicales libres. Por otro lado, **Aranda Ramírez et al. (2000)** mencionan la estrecha relación entre el Ca y el Mg con la salud del sistema óseo en general. De aquí la importancia del estudio y cuantificación de los compuestos antioxidantes y micronutrientes de las papas nativas, particularmente las antocianinas y los elementos Fe, Ca y Mg, respectivamente.

Sin embargo, ciertos factores afectan el contenido, estabilidad y disponibilidad de dichos compuestos. Las antocianinas son inestables y susceptibles a ser degradadas por factores como el pH, la luz, el oxígeno, el procesamiento, la temperatura de almacenamiento o la presencia de enzimas, proteínas e iones metálicos, entre otros **(Castañeda-Ovando et al., 2009)**. Adicionalmente **Kita et al. (2013)** mencionan que los compuestos antioxidantes son inestables ante los tratamientos térmicos ocasionando una pérdida de color y la degradación de las antocianinas presentes.

En consecuencia, estudios recientes intentan contrarrestar la degradación de fitonutrientes mediante su estabilización química, existiendo evidencia científica de las bondades de los ácidos ascórbico (AA) y pirofosfato ácido

de sodio (PAS) para contrarrestar dichos efectos negativos en el procesamiento de hojuelas de papa nativa tipo chip. La inmersión en un medio ácido favorece la homogenización del color, la estabilización de la textura, la inhibición o retardamiento de la actividad enzimática de la fenolasa y de la polifenoloxidasa antes del procesamiento, puesto que las antocianinas en medio ácido poseen una mayor estabilidad (**Analuisa, 2012; Untuña, 2013**). Por otro lado, **Lindsay y Jang (2005)** utilizan PAS en métodos combinados, antes del proceso de fritura, obteniéndose elevados niveles de reducción de acrilamida y de retención de compuestos bioactivos. De igual manera **Pedreschi et al. (2007)** indican que la inmersión en una solución de ácido cítrico reduce drásticamente la formación de acrilamida y sus precursores.

Por lo antedicho, la presente investigación pretende desarrollar un nuevo producto tipo snack a base de papa nativa *Puca Shungo*, enfocándose en la conservación de compuestos bioactivos y micronutrientes mediante el uso de AA y PAS, que permita preservar la calidad nutricional y sensorial del producto en términos de contenido total de antocianinas, Fe, Mg y Ca.

CAPITULO I

EL PROBLEMA

1.1 Tema

Efecto del ácido ascórbico y del pirofosfato ácido de sodio en el contenido de antocianinas totales y micronutrientes de hojuelas fritas de papa nativa (*Solanum andigena*) de la variedad *Puca Shungo* entera y pelada.

1.2 Justificación

La alimentación juega un rol importante en la salud de un individuo, pues contribuye en gran medida a mantener la calidad de vida del mismo, por tal razón se habla de nutrición y salud, con lo cual un organismo adulto bien nutrido mantiene en estado óptimo sus funciones orgánicas, implicando que sea activo a nivel físico, mental y biológico (**Jiménez, 2008**). Existe una tendencia en los últimos años a tratar de conseguir una alimentación adecuada para contrarrestar el déficit de micronutrientes, tanto de vitaminas, minerales y aminoácidos esenciales; por lo que la industria alimentaria se encuentra en constante desarrollo a fin de producir alimentos funcionales que estén presentes en tiendas y supermercados con una capacidad curativa y/o preventiva, además de disponer la información adecuada hacia los consumidores de acuerdo a las reglamentaciones vigentes (**Andújar y Fincias, 2009**).

Históricamente, los países andinos son los precursores de la producción y consumo de papa, existiendo alrededor de 2000 especies conocidas; agrupadas en silvestres y cultivadas, en estas últimas se encuentran las papas nativas (*Solanum andigena*), cuyo origen se remonta a un proceso de domesticación, selección y conservación ancestral (**Monteros y Reinoso, 2010**). El Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) reporta actualmente la existencia en Ecuador de más de 550 variedades nativas y más de 20 mejoradas, entre las cuales se destacan las papas nativas mejoradas INIAP-*Yana Shungo* e INIAP-*Puca Shungo* seleccionadas por su importancia comercial, agronómica y de calidad (**Mastrocola et al., 2016**).

Sin embargo, el consumo de papa nativa es bajo, pese a que poseen un alto valor nutritivo y sensorial en comparación con la papa comercial. En adición, las papas nativas presentan una diversidad de formas, colores, sabores y texturas; así, la variedad *Puca Shungo* (corazón rojo) es de coloración rojamarada por la presencia de antocianinas, cuya capacidad antioxidante se la relaciona directamente con el contenido de antocianinas de la piel y/o pulpa **(Analuisa et al., 2016)**.

La papa en general posee un alto contenido de vitamina C, carbohidratos, poca grasa, y micronutrientes minerales como fósforo (P), potasio (K), magnesio (Mg), calcio (Ca) y hierro (Fe), por lo cual se la hace considera como un alimento de alta calidad nutricional **(Pallo, 2014)**. Así, **Suárez et al. (2014)** mencionan que los micronutrientes minerales son importantes puesto que presentan capacidad de captación de radicales libres; además de formar parte de los componentes de los sistemas de defensa antioxidante en todo sistema aeróbico. Similarmente, **Monteros et al. (2005)** señalan que las papas nativas poseen mayor contenido de sólidos, carotenoides, flavonoides y antocianinas, que las hacen más nutritivas y con un sabor especial, por lo cual son altamente valoradas por agricultores, consumidores y científicos.

De igual manera, **Andre et al. (2007)** señalan a la papa nativa como potencial fuente de compuestos antioxidantes y micronutrientes minerales importantes para la dieta humana, citando en su estudio las concentraciones de Ca, Fe y Zn, de los cuales, los dos primeros fueron analizados en el presente estudio. Adicionalmente, en las papas destaca la presencia de potasio (K), fósforo (P), calcio (Ca) y magnesio (Mg) **(Singh y Kaur, 2016)**.

Desde el punto de vista nutricional, el Fe forma parte de los componentes de los sistemas de defensa antioxidante en el organismo; mientras que al Ca y el Mg se los relaciona estrechamente con la salud ósea. Los compuestos antioxidantes propiamente dichos previenen enfermedades del tipo degenerativo producidas por el alto nivel de radicales que se conforman en el cuerpo humano. De aquí la importancia del estudio y cuantificación de los compuestos antioxidantes y micronutrientes de las papas nativas,

particularmente las antocianinas y los elementos Fe, Ca y Mg, respectivamente.

Las antocianinas presentes en las papas nativas son esencialmente antioxidantes naturales; químicamente se definen como glucósidos de las antocianidinas, cuyos colores pueden variar desde un intenso color azul hasta el color rojo, dependiendo de varios factores intrínsecos como es su estructura molecular y los radicales que lo constituyen (**Badui, 2014**). **Kita et al. (2013)** mencionan que los compuestos antioxidantes son inestables ante los tratamientos térmicos ocasionando una pérdida de color y la degradación de las antocianinas presentes. Existen investigaciones enfocadas en demostrar la influencia que tienen los tratamientos de calentamiento sobre la sensibilidad de los distintos componentes bioactivos en procesos de horneado, fritura, cocción y secado, particularmente sobre el contenido de antocianinas y la capacidad antioxidante.

Actualmente, existe evidencia científica de las bondades de los ácidos ascórbico (AA) y pirofosfato ácido de sodio (PAS) para contrarrestar aquellos efectos negativos, pues las antocianinas en medio ácido poseen una mayor estabilidad. Adicionalmente, al aplicar la inmersión se favorece la homogenización del color, la estabilización de la textura y se inhiben o retardan la actividad enzimática de la fenolasa y polifenoloxidasas antes del procesamiento (**Analuís et al., 2016; Untuña, 2013**). Además, distintas investigaciones científicas mencionan el uso de acidulantes como pretratamiento para reducir la formación de acrilamida en papas fritas.

Así, **Pedreschi et al. (2007)** indican que la inmersión en una solución de ácido cítrico reduce drásticamente la formación de acrilamida y sus precursores, reconociéndose una relación inversamente proporcional entre el tiempo de inmersión y la formación de acrilamida y, adicionalmente, ocasiona una reducción de la temperatura de fritura. Por otro lado **Lindsay y Jang (2005)** utilizan métodos combinados antes del proceso de fritura en cuya implicación se menciona el PAS, obteniéndose elevados niveles de reducción de acrilamida, la conservación de las características sensoriales

en el producto final y la reducción de las pérdidas de compuestos bioactivos significativos en la salud humana.

Por lo antedicho, la presente investigación pretende desarrollar un nuevo producto a base de papa nativa que asegure mejores ingresos a los productores e incentive su cultivo en las zonas altoandinas de la sierra ecuatoriana mediante una metodología adecuada de elaboración de hojuelas fritas tipo snack de papa nativa *Puca Shungo* usando AA y PAS, preservando la calidad nutricional y sensorial del producto en términos de contenido total de antocianinas, Fe, Mg y Ca.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

- Evaluar los efectos de los ácidos ascórbico y pirofosfato ácido de sodio en el contenido de antocianinas totales y micronutrientes (hierro, calcio y magnesio) de hojuelas fritas de papa nativa (*Solanum andigena*) de la variedad *Puca Shungo* entera y pelada.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar la concentración de antocianinas totales y micronutrientes (hierro, calcio y magnesio) en papa nativa *Puca Shungo* entera y pelada.
- Desarrollar la metodología de elaboración de hojuelas fritas de papa nativa *Puca Shungo* con el uso de los ácidos ascórbico y pirofosfato ácido de sodio.
- Evaluar la concentración de antocianinas totales y micronutrientes de las hojuelas fritas de papa nativa *Puca Shungo* entera y pelada.
- Determinar el tiempo de vida útil mediante el análisis del índice de peróxido y la calidad sensorial del mejor tratamiento de hojuelas fritas de papa nativa *Puca Shungo*.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes investigativos

2.1.1 Papa (*Solanum tuberosum*)

La papa es una planta herbácea generalmente de crecimiento anual que produce un tubérculo del mismo nombre de distintos tamaños, formas y colores, y con un alto contenido de carbohidratos, micronutrientes, vitaminas y minerales esenciales y un bajo contenido de grasa (**FAO, 2009**).

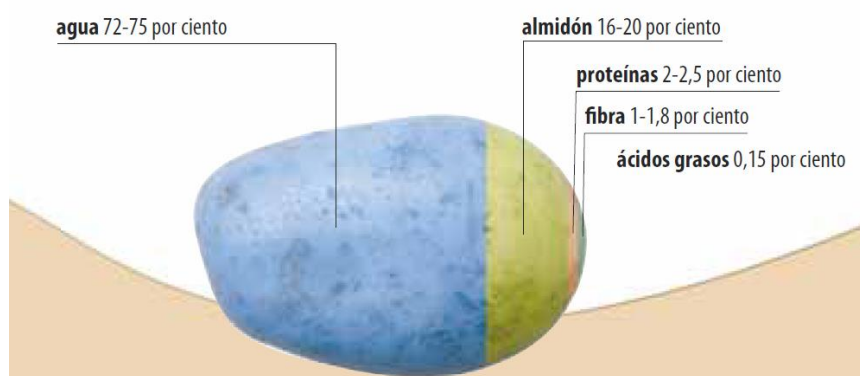


Figura 1. Composición química de la papa (**FAO, 2009**).

Históricamente la papa se desarrolló y cultivó por primera vez en las vecindades del lago Titicaca, cerca de la frontera actual entre Perú y Bolivia, siendo las poblaciones andinas las primeras en empezar a comerla desde hace 3.000 a 4.000 años a.C. En adición a su uso como alimento, las poblaciones preincaicas utilizaban la papa para sanar los huesos rotos, prevenir el reumatismo y medir el tiempo relacionándola con el desarrollo del cultivo (**Monteros et al., 2005**).

Actualmente, debido a su alto potencial la papa se encuentra entre uno de los cultivos más importantes a nivel mundial debido a que es apta para consumo animal y humano, siendo usada masivamente a nivel industrial y consumiéndose tanto de manera cruda, como procesada. A este respecto, es importante el análisis de los efectos producidos por el tipo de procesamiento en la retención del valor nutricional de la papa, puesto que de

una técnica a otra, puede variar sustancialmente su valor dietético (Spooner, 2013).

2.1.2 Papa nativa (*Solanum andigena*)

Monteros y Reinoso (2010) señalan que existen alrededor de 2.000 especies de papas agrupadas en silvestres y cultivadas; entre estas últimas se encuentra la papa nativa (*Solanum andigena*), cuyo origen se remonta a un proceso de domesticación, selección y conservación ancestral por parte de los habitantes de las zonas alto andinas. Así, las papas nativas son originarias de Sudamérica encontrándose cultivos en países como Argentina, Bolivia, Colombia, Ecuador y Venezuela; Sin embargo, Bolivia y Perú poseen la mayor diversidad genética de papa nativa por lo que se los considera como los lugares en donde se originó y se domesticó a esta especie. En conclusión, la papa es un alimento básico para la población andina a nivel de consumo debido esencialmente a sus características nutricionales (**Calliope et al., 2018**).

En Ecuador las variedades de papa nativa son cultivadas por pequeños agricultores sobre los 3.200 m.s.n.m, en parcelas de 0,1 a 0,5 ha. particularmente en la zona norte del país (**Monteros y Reinoso, 2010**). Así, el INIAP actualmente reporta la existencia de más de 550 variedades nativas y más de 20 mejoradas, entre las cuales se destacan (**Figura 2**) las papas nativas mejoradas INIAP-*Yana Shungo* e INIAP-*Puca Shungo* (**Mastrocola et al., 2016**).



Figura 2. Papa nativa mejorada INIAP-*Puca Shungo*. **Fuente:** Monteros et al. (2011).

La papa posee una gran cantidad de compuestos con efectos benéficos para la salud, entre los que se destacan los fitonutrientes tales como los fenoles, flavonoides, folatos, kukoaminas, antocianinas y carotenoides (**Ezekiel et al., 2013**). Sin embargo, la papa nativa es altamente valorada debido a que presenta un elevado contenido de nutrientes minerales y de fitonutrientes en especial aquellos que presentan actividad antioxidante de manera natural (antocianinas, flavonoides y carotenoides), haciéndola un producto único en el mundo, además de presentar propiedades organolépticas (sabor, color, textura, forma) diferentes de su par comercial (**Monteros et al., 2005**).

2.1.3 Nutrientes minerales

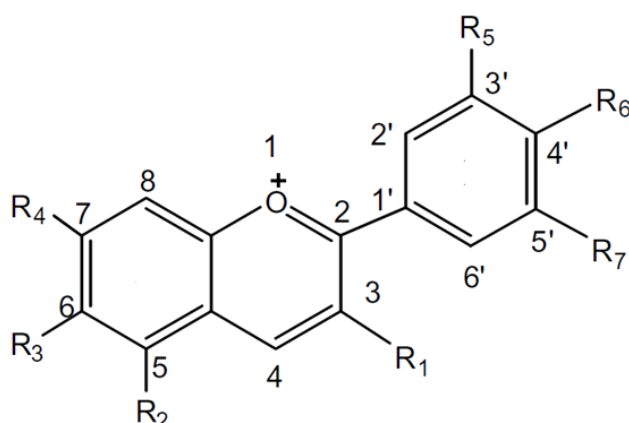
Singh y Kaur (2016) señalan que la papa posee una gran variedad de nutrientes minerales, pudiéndose clasificar a estos en minerales principales, entre los que se encuentran el calcio (Ca), potasio (K), magnesio (Mg), sodio (Na), fósforo (P), cobalto (Co), manganeso (Mn), nitrógeno (N) y cloro (Cl) y minerales traza como el hierro (Fe), cobre (Cu), selenio (Se), níquel (Ni), azufre (S), boro (B), yodo (I), silicio (Si) y bromo (Br), todos nutricionalmente esenciales e importantes.

El alto valor nutricional de la papa es reconocido debido a que es una fuente importante de carbohidratos, proteínas, vitaminas y ciertos minerales entre los que se destacan el potasio, fósforo y magnesio (**Andre et al., 2007**). En referencia al magnesio, dicho elemento es esencial en diversos procesos bioquímicos entre los que destaca la síntesis de compuestos ricos en energía, transportadores de electrones y enzimas. Además, juega un papel importante en la estabilización celular y subcelular al formar complejos con los fosfolípidos, disminuyendo la permeabilidad plasmática (**Aranda Ramírez et al., 2000**). No obstante, **Suárez et al. (2014)**, destacan que en la papa nativa hay ciertos minerales asociados a la reducción de radicales libres en el organismo, entre los cuales se encuentra el Fe. Adicionalmente, el análisis del contenido de calcio es importante puesto que a nivel funcional se lo relaciona con la coagulación de la sangre, la contracción muscular, la activación enzimática o la transmisión de impulsos nerviosos, entre otras funciones. De igual manera, la relación del Ca con la salud ósea está

claramente establecida, ya que es el componente principal del sistema esquelético (Badui, 2014).

2.1.4 Antocianinas

La palabra antocianina proviene de dos vocablos griegos *anthos* que significa flor y *kianos* que significa azul. Dicho esto, las antocianinas son los pigmentos responsables de coloraciones que van desde un naranja brillante hasta un azul intenso. Químicamente las antocianinas son glucósidos de las antocianidinas, es decir las agliconas unidos a un azúcar. Estructuralmente las antocianidinas o agliconas consisten en un anillo aromático unido a un anillo heterocíclico que contiene oxígeno, que de la misma manera se encuentra unido a un tercer anillo aromático por un enlace carbono-carbono (Figura 3) (Castañeda-Ovando et al., 2009).



| Antocianidina | Abreviatura | Patrón de sustitución. | | | | | | | Color |
|---------------|-------------|------------------------|----------------|----------------|----------------|------------------|----------------|------------------|--------------|
| | | R ₁ | R ₂ | R ₃ | R ₄ | R ₅ | R ₆ | R ₇ | |
| Cianidina | Cy | OH | OH | H | OH | OH | OH | H | Rojo-naranja |
| Pelargonidina | Pg | OH | OH | H | OH | H | OH | H | Rojo-naranja |
| Malvidina | Mv | OH | OH | H | OH | OCH ₃ | OH | OCH ₃ | Azul-rojo |

Figura 3. Estructura de las antocianidinas más comunes en la naturaleza y sus patrones de sustitución. **Fuente:** Castañeda-Ovando et al. (2009).

Aguilera et al. (2011) señalan a las antocianinas como pigmentos que van desde el color azul intenso hasta el rojo dependiendo de los sustituyentes químicos y la posición de los mismos. De igual manera destacan su importancia en las propiedades funcionales, así como el impacto sobre las características sensoriales de los alimentos, la influencia en el comportamiento a nivel tecnológico durante el procesamiento de los alimentos y los efectos benéficos para la salud al ser consumidas. Cabe recalcar que muchos de los compuestos bioactivos son relativamente inestables y susceptibles a degradación. Por ejemplo, factores como el pH, la luz, el oxígeno, el procesamiento, la temperatura de almacenamiento o la presencia de enzimas, proteínas, iones metálicos y flavonoides afectan la estabilidad de las antocianinas; elevándose la inestabilidad cuando estos fitonutrientes son aislados y purificados (**Castañeda-Ovando et al., 2009**).

Lo antedicho permite establecer la importancia del análisis del procesamiento de la papa para la conservación de las antocianinas durante la transformación de la materia prima a fin de afectar mínimamente sus propiedades. **Kita et al. (2013)** mencionan que las investigaciones se han enfocado en demostrar la influencia que tienen los distintos procesos de transformación, en especial los tratamientos de calentamiento, sobre el contenido de antocianinas y la capacidad antioxidante de los distintos compuestos bioactivos presentes en papas coloreadas.

2.1.5 Fritura

La fritura es la cocción en aceite o grasa a temperaturas elevadas (175 – 185 °C), donde el aceite actúa como transmisor del calor produciendo un calentamiento rápido y uniforme del alimento. Algunos autores mencionan las ventajas de la fritura en el procesamiento de alimentos. **Suaterna (2009)**, menciona que la fritura es altamente aplicable en la industria debido a que resultan alimentos altamente palatables con un alto contenido nutricional, por lo cual tienen un lugar en las dietas. **Fillion y Henry (1998)** indican que la fritura tiene un bajo o ningún impacto en el contenido de proteínas o minerales del alimento, mientras que la alta temperatura y el corto tiempo del proceso producen menos pérdidas de vitaminas termolábiles. Así, las

concentraciones de vitamina C son tan altas en las papas a la francesa como en las papas crudas, de igual manera la tiamina se conserva bien en los productos fritos. No obstante, es importante tener presente la pérdida de nutrientes en el aceite de fritura, de algunos ácidos grasos insaturados, vitaminas y antioxidantes debido a la oxidación. **Saguy y Dana (2003)** enfatizan que la fritura brinda una singular contribución a las características sensoriales, debido a su sabor distintivo, aroma y textura crujiente, y que constituye un proceso ubicuo y altamente versátil con un costo relativamente bajo, lo cual la hace competitiva comparándola con otros métodos de cocción como el horneado y el hervido.

Hoy en día, la tecnología de fritura se encuentra evolucionando para proporcionar productos de calidad que satisfagan las expectativas y necesidades de los consumidores, brindando productos con alto valor nutricional y que no ocasionen ningún riesgo a la salud cuando se consuman en una dieta balanceada.

2.1.6 Acidulantes

A nivel industrial se emplean aditivos directa o indirectamente durante el procesamiento, envasado, transporte o almacenamiento, con el objetivo de prolongar la vida útil, modificar o estabilizar características sensoriales o preservar ciertos componentes en el alimento. Entre los aditivos utilizados para preservar las antocianinas se mencionan a los acidulantes (**Blekas, 2016**).

Investigaciones recientes están enfocadas en la estabilización química de las antocianinas como objetivo principal, ya que estos fitonutrientes presentan un gran potencial de uso industrial, destacándose principalmente los beneficios que producen en la salud al ser consumidos (**Castañeda-Ovando et al., 2009**). Adicionalmente, **Monteros y Reinoso (2010)** destacan el potencial comercial de las papas nativas, particularmente en la producción de chips de colores, en un mercado atractivo y de alta competencia, y la necesidad de mantener las características nutricionales de la papa nativa durante la fritura, en especial evitar la degradación de las

antocianinas y conservarlas de tal modo que estén presentes en el producto final.

Un estudio realizado por **Untuña (2013)**, propuso la inmersión de hojuelas de papa nativa en una solución de ácido ascórbico (AA) para disminuir la actividad de la enzima polifenoloxidasas, y conservar el color y apariencia del producto. Mientras, **Analuisa (2012)** utilizó el pirofosfato ácido de sodio (PAS) a distintas concentraciones como pretratamiento para disminuir el pH de las hojuelas, observando su influencia en el color determinado por las antocianinas. Se conoce que las soluciones de antocianinas a pH por debajo de 3 presentan un color rojo intenso, mientras que al incrementarse dicho valor van desapareciendo gradualmente, hasta que a valores de pH entre 4 y 5 no existe coloración. Por tanto, se conoce que la disminución de pH tiene un claro efecto estabilizante en las antocianinas debido al equilibrio entre la forma catiónica coloreada y la pseudobase incolora.

De igual manera, **Pedreschi et al. (2007)** mencionan distintos tratamientos en los que utilizan soluciones de ácido cítrico y PAS a distintos tiempos, señalando que se reduce drásticamente la formación de acrilamida y sus precursores, reconociéndose una relación inversamente proporcional entre el tiempo de inmersión, la temperatura de fritura y la formación de acrilamida. Por otro lado, **Lindsay y Jang (2005)** utilizaron combinaciones de cloruro de calcio, ácido fítico, quitosano, PAS y N-acetilcisteína, antes del proceso de fritura, obteniéndose elevados niveles de reducción de acrilamida, además de conservar las características sensoriales en el producto final y reducir las pérdidas de compuestos bioactivos significativos en la salud humana.

2.1 Hipótesis

2.1.1 Efecto de la acidificación, presentación y procesamiento en el contenido de antocianinas totales en hojuelas fritas de papa nativa *Puca Shungo*

2.1.1.1 Hipótesis nula (H₀)

La inmersión en soluciones de ácido ascórbico al 0,8 % y pirofosfato ácido de sodio al 0,5 %, la presencia de cáscara, y las condiciones de fritura no influyen significativamente en el contenido de antocianinas totales de las hojuelas fritas de papa nativa *Puca Shungo*.

2.1.1.2 Hipótesis alternativa (H_a)

La inmersión en soluciones de ácido ascórbico al 0,8 % y pirofosfato ácido de sodio al 0,5 %, la presencia de cáscara, y las condiciones de fritura influyen significativamente en el contenido de antocianinas totales de las hojuelas fritas de papa nativa *Puca Shungo*.

2.1.2 Efecto de la acidificación, presentación y procesamiento en el contenido de micronutrientes (hierro, calcio y magnesio) en hojuelas fritas de papa nativa *Puca Shungo*

2.1.2.1 Hipótesis nula (H₀)

La inmersión en soluciones de ácido ascórbico al 0,8 % y pirofosfato ácido de sodio al 0,5 %, la presencia de cáscara y las condiciones de fritura no influyen significativamente en el contenido de nutrientes minerales de las hojuelas fritas de papa nativa *Puca Shungo*.

2.1.2.2 Hipótesis alternativa (H_a)

La inmersión en soluciones de ácido ascórbico al 0,8 % y pirofosfato ácido de sodio al 0,5 %, la presencia de cáscara y las condiciones de fritura influyen significativamente en el contenido de nutrientes minerales de las hojuelas fritas de papa nativa *Puca Shungo*.

2.2 Señalamiento de las variables

2.2.1 Variables independientes

- Papa nativa *Puca Shungo* con cáscara y sin cáscara.
- Acidificación con AA al 0,8 % durante 60 min y con PAS al 0,5 % durante 30 min.
- Fritura en aceite de palma 180 °C durante 5 min.

2.2.2 Variables dependientes

- Concentración de antocianinas totales en hojuelas de papa nativa (*Solanum andigena*) de la variedad *Puca Shungo* cruda y procesada.
- Concentración de hierro, calcio y magnesio en hojuelas de papa nativa (*Solanum andigena*) de la variedad *Puca Shungo* cruda y procesada.

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Materiales

3.1.1 Materia prima

3.1.1.1 Muestras de papa nativa *Puca Shungo*

Para la presente investigación se adquirieron papas nativas (*Solanum andigena*) de la variedad *Puca Shungo* en el punto de venta de la Asociación Consorcio de la Papa (CONPAPA), cuyos cultivos se encuentran en las parroquias de Pilahuín y Juan Benigno Vela, sobre los 3.200 m.s.n.m, de la ciudad de Ambato.

3.1.2 Insumos

3.1.2.1 Aceite de fritura

Para la operación de fritura se utilizó aceite de palma de la marca comercial “El Cocinero” adquirido en el supermercado “AKI” de la ciudad de Ambato. Es un aceite comestible 100 % vegetal, mezcla de oleína de palma y aceite puro de soya, sin colesterol ni grasas trans y con una alta resistencia al calentamiento durante las frituras.

3.1.2.2 Acidulantes

El ácido ascórbico ($C_6H_8O_2$) y el pirofosfato ácido de sodio ($Na_2H_2P_2O_7$) de grado alimentario fueron adquiridos en la empresa SUMILAB de la ciudad de Ambato.

3.1.3 Materiales

3.1.3.1 Materiales

Se utilizaron tamices HUMBOLDT de 150 μ m, cuchillos de acero inoxidable, fundas plásticas herméticas marca Ziploc®, etiquetas, vasos de precipitación

de 20, 50, 250, 500 y 600 ml, balones de aforo de 10, 25, 50, 100 y 500 ml, matraces de 50 ml, probetas de 10, 50 y 100 ml, pera de succión, pipetas volumétricas de 10 ml, pipetas de Pasteur, micropipetas Transferpette® S de 20-200 µL y 100-1000 µL, puntas de micropipeta, pinzas metálicas, crisoles de porcelana de 30 ml, guantes para calor, guantes de nitrilo, mascarilla para solventes orgánicos, agitadores magnéticos, tubos para centrífuga de 15 ml, jeringas de 1 ml, filtros para jeringas de 0,45 µm y celdas de plástico de 1 cm.

3.1.4 Equipos

Para la elaboración de las hojuelas fritas de papa nativa se utilizaron los equipos de la planta procesadora de chips de papa perteneciente a la Asociación de Productores y Productoras Nueva Esperanza de Mulalillo en la ciudad de Salcedo, entre los que se incluyen una rebanadora manual, equipo de fritura convencional y termoselladora manual.

Para los distintos análisis y determinaciones se emplearon los siguientes equipos: espectrómetro de absorción atómica con mecheros de aire-acetileno, acetileno-óxido nítrico y lámparas de detección de minerales (PG Instruments-AA500); mufla (NABER THERM); estufa (BINDER-ED400); balanza analítica (METTLER TOLEDO-XPE204); balanza infrarroja para humedad (METTLER TOLEDO HX204); molino universal de laboratorio (IKA WORKS-M20); potenciómetro (METTLER TOLEDO-SEVENCOMPACT S220); medidor de actividad acuosa (AQUALAB, LTE 40); secador de aire convectivo (GANDER MTM); ultracentrífuga (BUNSEN); reactor de oxidación (OXITEST Oxidation Test Reactor-VELP SCIENTIFICA) y espectrofotómetro UV-Visible (THERMO SCIENTIFIC Evolution 201).

3.1.5 Reactivos

3.1.5.1 Determinación de minerales

Se emplearon estándares de calcio, hierro y magnesio (ACCUSTANDARD AA), en solución estándar de 1000 ppm del elemento mineral disuelto en ácido nítrico (HNO₃) al 2-5 % (p/v). Adicionalmente, se empleó HNO₃ de

grado analítico (FISHER CHEMICAL, 68-70 % p/p), ácido clorhídrico (HCl) de grado analítico (FISHER CHEMICAL, 36,2 % p/p), gas acetileno (UAP grado 5,0), óxido nitroso (UAP grado 5,0), óxido de lantano (MERCK 99,5 %) y agua MilliQ obtenida de un sistema de ultrafiltración THERMO SCIENTIFIC.

3.1.5.2 Determinación de antocianinas totales

Para la determinación de antocianinas totales se utilizaron acetato de sodio grado analítico, cloruro de potasio grado analítico (99,5 %), ácido clorhídrico grado analítico (36,2 % v/v), y agua destilada.

3.1.5.3 Análisis físico-químicos y determinación de vida útil

Para los análisis físico-químicos y determinación de vida útil se utilizaron buffer pH 7, buffer pH 3, agua destilada, hexano y alcohol comercial de 70°.

3.2 Métodos

3.2.1 Proceso de elaboración de hojuelas de papa

Las hojuelas fritas de papa nativa *Puca Shungo* se elaboraron mediante los procedimientos descritos por **Analuís (2012)** y **Untuña (2013)**, con ligeras modificaciones. Inicialmente, los tubérculos fueron recibidos en costales, los cuáles se almacenaron a temperatura ambiente. Luego, se seleccionó la materia prima óptima para el procesamiento, descartando aquellos tubérculos magullados, golpeados o en mal estado, posteriormente se lavó con agua potable mediante un chorro a presión y se utilizó un cepillo para eliminar la tierra adherida. Después, una parte de los tubérculos seleccionados se pelaron manualmente con la ayuda de cuchillos de cocina mientras la otra se mantuvo con la cáscara intacta.

Posteriormente, los tubérculos fueron cortados en forma de hojuelas, con la ayuda de una máquina rebanadora manual graduada a una abertura de $2 \pm 0,3$ mm y se sumergieron en las soluciones ácidas de PAS y AA. Luego, se escurrió el exceso de solución y se aplicó el proceso de fritura convencional

en aceite de palma a 180 °C durante un tiempo estimado de 5 minutos. Finalmente, los chips fueron empacados en fundas de celofán en presentaciones de aproximadamente 30g, y almacenadas a temperatura ambiente. Cabe destacar que el procesamiento de la materia prima se realizó en la planta procesadora de la Asociación de Productores y Productoras Nueva Esperanza.

3.2.2 Obtención de las muestras

Las muestras de hojuelas de papa nativa *Puca Shungo* correspondientes a los diferentes tratamientos se colocaron sobre mallas metálicas para ser sometidas a secado con corriente convectiva de aire caliente a 52 °C durante 24 h. Posteriormente, las muestras secas se llevaron a un molino universal de laboratorio (IKA WORKS–M20) con la finalidad de disminuir el tamaño de partícula y obtener muestras más homogéneas, las cuales fueron almacenadas en fundas estériles y etiquetadas para su posterior análisis.

3.2.3 Análisis químicos

3.2.3.1 Humedad (%H)

La humedad se determinó mediante el uso de una balanza de humedad METTLER TOLEDO HX 204, por triplicado.

3.2.3.2 Actividad de agua (Aw)

La Aw se determinó mediante el uso del medidor de actividad de agua AQUALAB, por triplicado.

3.2.3.3 Determinación de antocianinas totales (AT)

La concentración de AT se determinó tomando como referencia el método mencionado por **Brown et al. (2003)** y desarrollado por **Giusti y Wrolstad (2001)**, con ligeras modificaciones, que se describe a continuación:

Se pesaron 2 muestras secas de 0,25 g en vasos de precipitación de 50 ml, luego se adicionó 10 ml de buffer pH 1,0 y pH 4,5, respectivamente.

Posteriormente se los colocó sobre una placa agitadora por 1 h, para finalmente ultracentrifugar a 15.000 rpm durante 30 min, obteniéndose los sobrenadantes para la cuantificación.

Debido a que la extracción de las antocianinas es directa, se procedió a medir las absorbancias de los sobrenadantes de la siguiente forma: se midió la absorbancia del buffer pH 1,0 (blanco), luego se midió la absorbancia del sobrenadante a pH 1,0 a una longitud de onda de 510 nm y a 700 nm, procediendo del mismo modo con el sobrenadante a pH 4,5; utilizando un espectrofotómetro UV-Visible (THERMO SCIENTIFIC Evolution 201).

El contenido de AT se expresó como cianidina-3-glucósido de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$C_{AT}(\text{mg/L}) = \frac{[(A_{510}-A_{700})_{\text{pH } 1} - (A_{510}-A_{700})_{\text{pH } 4,5}] \times \text{PM} \times \text{FD} \times 1000}{\epsilon \times l} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde: C_{AT} es la concentración de antocianinas en $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$; A_{510} y A_{700} son las absorbancias a 510 y 700 nm, respectivamente a pH 1 y pH 4,5; PM es el peso molecular de la cianidina-3-glucósido correspondiente a 449,2 g/mol; FD es el factor de dilución; 1000 es el factor de conversión de g a mg; ϵ es el coeficiente de extinción molar para la cianidina-3-glucósido con un valor de 26900; y l es la longitud de paso de la celda en cm.

Se aplicó un factor de transformación para expresar la concentración de AT en base seca:

$$C_{AT} \left(\frac{\text{mg}}{100\text{g}} \right) = \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times \frac{\text{L}}{\text{g}} \times 100 \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde: C_{AT} es la concentración de antocianinas en $\text{mg}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$, $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (valor obtenido con la ecuación 1), L es el volumen usado para la extracción de la antocianina en litros (L), g es el peso de la muestra multiplicado por la humedad, y 100 es el factor de conversión de g a 100 g, obteniéndose el valor de antocianinas totales en base seca (ps).

Adicionalmente, se calculó el porcentaje de pérdida de AT en relación a la concentración de AT en el control inicial, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\text{Pérdida de AT(\%)} = \frac{\text{Concentracion Inicial} - \text{Concentracion Final}}{\text{Concentracion Inicial}} \times 100 \quad \text{Ecuación 3}$$

3.2.3.4 Determinación de calcio (Ca), hierro (Fe) y magnesio (Mg)

La concentración de Fe se determinó mediante el método AOAC 999.10 (AOAC, 1997); mientras que para Ca y Mg se usó el método AOAC 985.35 (AOAC, 2005) por absorción atómica, con el soporte del Analytical Cookbook PG Instruments, Espectrómetro de Absorción Atómica AA500, así como del apoyo de los procedimientos descritos por Millán y Abadía (1981), con modificaciones descritas a continuación:

Inicialmente, se llevó a peso constante los crisoles lavados, secos y limpios, para lo cual se los colocó en la mufla (NABERTHERM) a una temperatura de 650 °C por 4 horas, luego se dejaron enfriar en un desecador por aproximadamente 30 min. Después, se pesó cada crisol vacío y se agregó la muestra (1 g aproximadamente), obteniéndose el peso del crisol vacío y el peso del crisol más la muestra. Luego, se llevaron los crisoles con las muestras a la mufla (NABERTHERM), donde se calcinaron a una temperatura de 650 °C por 8 h hasta obtener cenizas blancas. Posteriormente, las cenizas se dejaron enfriar en un desecador, para finalmente pesarlas y obtener el peso del crisol más las cenizas.

A las cenizas obtenidas en cada crisol, se añadió 0,50 mL de HCl y 0,25 mL de HNO₃ concentrados, luego se dejaron en reposo por un lapso de 15 min, y se observó que las cenizas se disuelvan totalmente; cuando esto no ocurrió, se utilizó una plancha de calentamiento hasta lograr la disolución, cuidando que la temperatura sea adecuada y no se provoque la evaporación de los ácidos.

Las muestras anteriores se filtraron en balones de aforo de 25 ml usando jeringas de 1 ml para tomar alícuotas pequeñas y hacerlas pasar a través de filtros de 0,45 µm (AGILENT CAPTIVA, ECONO FILTER), luego se agregó

HNO₃ al 1 % para facilitar este fin. Seguidamente se completó el volumen de aforo a 25 ml con HNO₃ al 1 % y se guardaron en recipientes adecuados para su posterior análisis.

El contenido de micronutrientes de las muestras se determinó en el Espectrómetro de Absorción Atómica AA500 mediante el método de la llama y utilizando un mechero de aire/acetileno. Primero se determinaron Fe y Mg de acuerdo a los siguientes pasos:

Inicialmente, se preparó una curva de calibración para cada elemento, tomando en cuenta los valores de concentración de los estándares de 1000 ppm de cada mineral sugeridos en el Analytical Cookbook PG Instruments.

Luego, se procedió a poner a punto el equipo para la medición: se encendió el equipo, la computadora, el compresor y el extractor de aire; se abrió el tanque de gas de acetileno; se inició el software, y se configuró los parámetros que el equipo requiere de acuerdo al Analytical Cookbook PG Instruments, según el elemento a medir. Por último, se encendió la llama para proceder con la inyección de las muestras.

Para Fe, se inyectó el blanco (HNO₃ al 1 %), luego las soluciones de los puntos de la curva de calibración, y al final las muestras a analizar; las respuestas del equipo corresponden a valores de absorbancia.

Cuando los valores de absorbancia de las muestras no se encontraron dentro de la curva de calibración, se prepararon diluciones de las muestras aforándolas con HNO₃ al 1 %. Mientras que para Mg, en adicción al HNO₃, se añadió cloruro de lantano al 1 % con el fin de evitar interferencias en la medición, tanto en la preparación del blanco (HNO₃ al 1 % más cloruro de lantano al 1 %) como en las soluciones de los puntos de la curva de calibración y en las diluciones de la muestra. Para la determinación de Ca, se utilizó el mismo procedimiento descrito anteriormente para la medición de Fe, pero usando un mechero de acetileno/óxido nitroso. El rango de trabajo de los puntos de la curva de calibración fue de 0,1 a 2; 0,06 a 0,48 y 0,25 a 2 ppm para Fe, Mg y Ca, respectivamente.

La concentración de Fe, Mg y Ca de las muestras (μg de mineral/g harina en base seca) se calculó tomando en cuenta la curva de calibración, la ecuación de la recta, las diluciones preparadas y el peso empleado de cada muestra, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$x = \frac{y-b}{m} \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde: **x** es la concentración (μg) de Fe, Mg o Ca, **y** es la absorbancia de la muestra analizada, **b** es el intercepto de la recta de la curva de calibración y **m** es la pendiente de la recta de la curva de calibración.

Adicionalmente, se calculó el porcentaje de pérdida de minerales en relación a la concentración del mineral en el control inicial, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\text{Pérdida de minerales (\%)} = \frac{\text{Concentracion Inicial} - \text{Concentracion Final}}{\text{Concentracion Inicial}} \times 100 \quad \text{Ecuación 5}$$

3.2.4 Determinación de la vida útil y calidad sensorial del mejor tratamiento

3.2.4.1 Vida útil mediante medición instrumental del Periodo de Inducción (PI)

Los principales modos de deterioro de los alimentos fritos tipo snack son la rancidez hidrolítica y oxidativa de la grasa (**Labuza, 1982**). El tiempo de vida útil de las hojuelas fritas de papa nativa *Puca Shungo* se determinó mediante la medición instrumental del PI. Este parámetro es el tiempo requerido para alcanzar el punto de partida de la oxidación de la grasa en condiciones aceleradas, según **Caruso et al. (2017)**. Para ello, se utilizó el Reactor de Pruebas de Oxidación (OXITEST, VELP SCIENTIFICA), considerando la referencia de la **Norma INEN 3960:2013**.

El procedimiento empleado fue el siguiente: Se homogenizaron 10 g de muestra mediante el uso de un mortero y un pistilo, y se colocó en plato de la cámara de reacción. Luego, se encendieron el equipo y el computador, y se determinó el PI mediante el programa OXITEST a tres temperaturas: 90,

100 y 110 °C; el equipo proporcionó valores de PI en horas. Finalmente, se estimó gráficamente el tiempo de vida útil (en días) a las temperaturas media de Ambato y Guayaquil, de 20 y 26 °C, respectivamente, mediante extrapolación lineal.

3.2.4.2 Análisis sensorial

Se determinaron los atributos sensoriales del mejor tratamiento mediante una escala hedónica de 1 a 5 puntos (Anexo C) (Ramírez, 2012). Para este fin, se empleó un panel de 25 catadores no entrenados, quienes evaluaron los atributos de color, sabor, olor, textura y aceptabilidad, por triplicado.

3.3 Diseño experimental

Según Serrano (2003), un diseño experimental adecuado permite que los datos obtenidos cumplan con las premisas paramétricas y viabiliza la aplicación de pruebas estadísticas muy potentes y útiles para la interpretación de resultados experimentales. Así, en el presente trabajo se aplicó un diseño experimental AxBxC (Tabla 1) con un total de 8 tratamientos (Tabla 2) y por triplicado, como se detalla a continuación:

Tabla 1. Factores y niveles controlados en la elaboración de hojuelas fritas de papa nativa *Puca Shungo*.

| Papa Nativa | Factor | | Niveles |
|--------------------|--------|---------------|--|
| <i>Puca Shungo</i> | A | Presentación | a ₀ : Sin cáscara |
| | | | a ₁ : Con cáscara |
| | B | Acidificación | b ₀ : PAS al 0,5 % por 30 min |
| | | | b ₁ : AA al 0,8 % por 60 min |
| | C | Procesamiento | c ₀ : Sin fritura |
| | | | c ₁ : Con fritura |

Tabla 2. Tratamientos empleados en la elaboración de hojuelas fritas de papa nativa Puca Shungo.

| Combinación | Tratamiento | Código |
|--------------------|---|---------------|
| - | Hojuelas con cáscara y lavadas. | T0 |
| a0b0c0 | Hojuelas sin cáscara, inmersión en PAS al 0,5 % durante 30 min y cruda. | T1 |
| a0b0c1 | Hojuelas sin cáscara, inmersión en PAS al 0,5 % durante 30 min y frita. | T2 |
| a0b1c0 | Hojuelas sin cáscara, inmersión en AA al 0,8 % durante 60 min y cruda. | T3 |
| a0b1c1 | Hojuelas sin cáscara, inmersión en AA al 0,8 % durante 60 min y frita. | T4 |
| a1b0c0 | Hojuelas con cáscara, inmersión en PAS al 0,5 % durante 30 min y cruda. | T5 |
| a1b0c1 | Hojuelas con cáscara, inmersión en PAS al 0,5 % durante 30 min y frita. | T6 |
| a1b1c0 | Hojuelas con cáscara, inmersión en AA al 0,8 % durante 60 min y cruda. | T7 |
| a1b1c1 | Hojuelas con cáscara, inmersión en AA al 0,8 % durante 60 min y frita. | T8 |

Se consideraron como variables de respuesta el contenido de antocianinas totales y de micronutrientes de la papa nativa cruda y procesada.

Adicionalmente, se empleó un control inicial, que a diferencia del control de tratamientos (T0) y de los tratamientos aplicados (T1-T8), corresponde a las hojuelas sin la aplicación de los lavados consecutivos, es decir, con su contenido total de almidón. Con la finalidad de analizar el efecto del lavado en las variables de respuesta.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis y discusión de los resultados

4.1.1 Concentración de antocianinas totales, hierro, calcio y magnesio en hojuelas crudas de papa nativa *Puca Shungo* con y sin cáscara

4.1.1.1 Antocianinas totales

En la Tabla 11 (Anexo A) se muestran los resultados de la concentración de AT en hojuelas de papa nativa con y sin cáscara, cruda (T1, T3, T5 y T7) y frita (T2, T4, T6 y T8). Para un mejor análisis de los resultados, en la Tabla 3 se presentan las concentraciones de AT en hojuelas crudas de papa nativa con y sin cáscara tratadas con PAS (T5 y T1) y AA (T7 y T3).

Al comparar los contenidos de AT en el control inicial y en el control de tratamientos de 41,43 y 38,43 mg/100 g, respectivamente (Tabla 13-Anexo A), el de los tratamientos con cáscara de 37,44 y 27,99 mg/100 g y sin cáscara de 31,34 y 25,96 mg/100 g, se puede observar un decremento por las operaciones de cortado y lavado, y por la aplicación de los tratamientos. Así, al comparar los resultados de AT de los tratamientos se observa que las hojuelas de los tratamientos T5 y T7 contienen 37,44 y 27,99 mg/100 g, respectivamente, valores superiores a los de las hojuelas de los tratamientos T1 y T3 con 31,34 y 25,96 mg/100 g, respectivamente. Entonces, se aprecia claramente un mayor contenido de AT en la papa con cáscara, y la influencia del pelado en la disminución de AT en los tratamientos sin cáscara. Esto se corrobora con los estudios recientes que demuestran que la cáscara de papa contiene muchos compuestos nutricionales y funcionales (fibras dietéticas, antioxidantes y polifenoles) (Yin et al., 2016). Ezekiel et al. (2013) indican que la cáscara presenta una elevada cantidad de compuestos fenólicos, destacando su importancia al momento del procesamiento, puesto que la piel de la papa favorece a la retención de nutrientes.

Tabla 3. Concentración de antocianinas totales (mg de cianidin-3-glucósido/100 g) en hojuelas crudas de papa nativa *Puca Shungo* con y sin cáscara tratadas con PAS al 0,5 % por 30 min y AA al 0,8 % por 60 min.

| Fitonutriente (mg/100g)* | Hojuelas con cáscara | | Hojuelas sin cáscara | |
|--------------------------|------------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| | T5: PAS al 0,5 % por 30 min. | T7: AA al 0,8 % por 60 min. | T1: PAS al 0,5 % por 30 min. | T3: AA al 0,8 % por 60 min. |
| Antocianinas Totales | 37,44 ± 0,26 ^a | 27,99 ± 1,51 ^d | 31,34 ± 1,34 ^b | 25,96 ± 0,45 ^d |

* $\bar{x} \pm \sigma$ correspondiente a los tratamientos por triplicado, valores expresados en base seca.

El análisis de varianza (ANOVA) de los tratamientos indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre la aplicación del PAS y del AA para conservar las AT. En este sentido las hojuelas tratadas con PAS presentan mayores contenidos con 37,44 y 31,34 mg/100 g, mientras las hojuelas tratadas con AA contienen 27,99 y 25,96 mg/100 g, observándose claramente los beneficios del PAS en la conservación de las AT. Lo anterior es corroborado por **Analuisa (2012)**, quien señala el efecto del PAS en la conservación de las AT mediante la estabilización química al disminuir el pH, al reducir la retención de agua y al estabilizar el color. En el mismo sentido, el AA produce una reducción del pH, pero en contraste con los efectos del PAS en las hojuelas, ciertas investigaciones sugieren que interacciones entre las antocianinas y el ácido ascórbico favorecen la oxidación y degradación de antocianinas (**Jackman et al., 1987**).

Al aplicar la prueba de Tukey al 5 % se demuestra que existen diferencias significativas ($p < 0,05$) en el contenido de AT de las presentaciones (a: Hojuelas sin cáscara; a1: Hojuelas con cáscara) por efecto de los pretratamientos (b0: PAS al 0,5 % por 30 min; b1: AA al 0,8 % por 60 min), en consecuencia en las hojuelas crudas se logró la mayor concentración de AT con la combinación de factores a1b0, que representa a las hojuelas con cáscara tratadas con PAS al 0,5 % por 30 min con un valor de 37,44 mg/100g.

Adicionalmente, en la Figura 4 se muestra la pérdida de AT (%) en hojuelas crudas de papa nativa con y sin cáscara tratadas con PAS y AA. Al comparar el contenido de AT del control inicial respecto al control de tratamientos, se observa que la pérdida de AT es de 7 %, debido al cortado y a la aplicación

de los tres lavados consecutivos por 5 minutos con el fin de eliminar el almidón, operaciones iniciales en la producción de chips. Al comparar la pérdida de AT de los tratamientos con el control, se observa también una pérdida de AT como consecuencia de la inmersión de las hojuelas en las soluciones acidificantes, así: en las con cáscara 10 % en la solución de PAS y 32 % en la solución de AA, y en las sin cáscara 24 % en PAS y 37 % en AA. La menor pérdida de AT en la papa con cáscara, se explicaría por el efecto protector que brinda la cáscara, evitando la pérdida de AT. Finalmente, al comparar el efecto de los tratamientos en la pérdida de AT, se observa que la menor pérdida ocurre al aplicar PAS. **Analuisa (2012)**, señalo el efecto benéfico del uso de PAS en la manutención de las antocianinas en papa nativa.

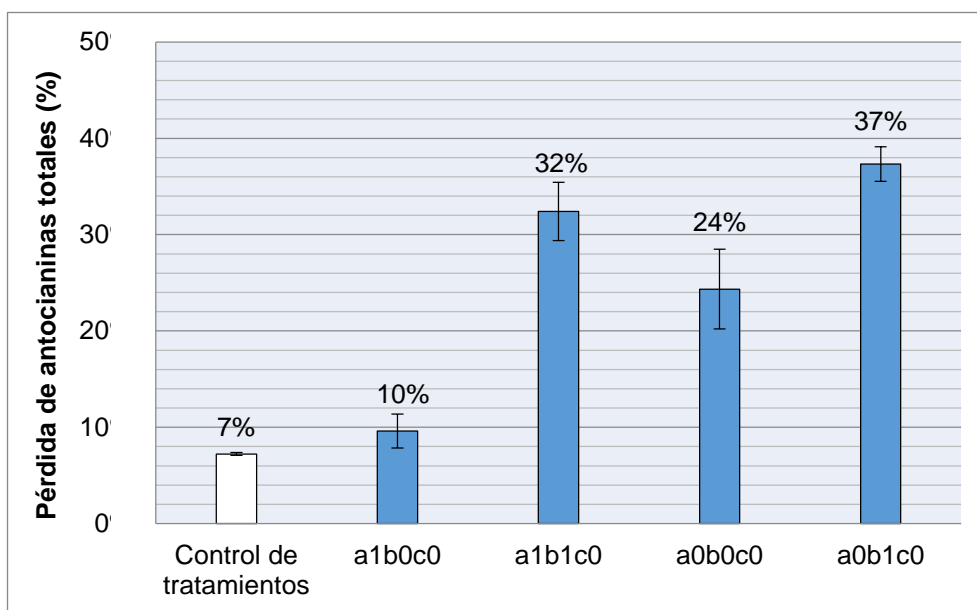


Figura 4. Pérdida de antocianinas totales (%) en hojuelas crudas de papa nativa *Puca Shungo*. a0: Hojuelas sin cáscara, a1: Hojuelas con cáscara, b0: PAS al 0,5 % por 30 min, b1: AA al 0,8 % por 60 min, c0: sin fritura.

4.1.1.2 Nutrientes minerales (Fe, Ca y Mg)

En la Tabla 13 (Anexo A) se presentan los resultados de la concentración de Fe, Mg y Ca ($\mu\text{g/g}$) de papa nativa de la variedad *Puca Shungo* con y sin cáscara, cruda (T1, T3, T5 y T7) y frita (T2, T4, T6 y T8). Mientras, en la Tabla 4 se presentan las concentraciones de Fe, Mg y Ca ($\mu\text{g/g}$) en las

hojuelas crudas con y sin cáscara tratadas con PAS (T5 y T1) y AA (T7 y T3).

Tabla 4. Concentraciones de Fe, Mg y Ca ($\mu\text{g/g}$) en hojuelas crudas de papa nativa *Puca Shungo* con y sin cáscara tratadas con PAS al 0,5 % por 30 min y AA al 0,8 % por 60 min.

| Nutrientes minerales ($\mu\text{g/g}$)* | Hojuelas con cáscara | | Hojuelas sin cáscara | |
|---|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| | T5: PAS al 0,5 % por 30 min. | T7: AA al 0,8 % por 60 min. | T1: PAS al 0,5 % por 30 min. | T3: AA al 0,8 % por 60 min. |
| Fe | 20,03 \pm 0,23 ^b | 29,31 \pm 0,49 ^a | 19,48 \pm 1,79 ^{bc} | 18,16 \pm 0,09 ^{bc} |
| Mg | 796,26 \pm 37,45 ^b | 918,78 \pm 32,51 ^a | 683,53 \pm 46,19 ^c | 719,57 \pm 5,74 ^c |
| Ca | 489,79 \pm 3,11 ^b | 566,34 \pm 13,62 ^a | 355,99 \pm 31,12 ^{cd} | 465,72 \pm 4,40 ^b |

* $\bar{x} \pm \sigma$ correspondiente a los tratamientos por triplicado; valores expresados en base seca.

Al comparar los contenidos de Fe en el control inicial y en el control de tratamientos de 90,54 y 39,03 $\mu\text{g/g}$, respectivamente (Tabla 13-Anexo A), el de los tratamientos con cáscara de 20,03 y 29,31 $\mu\text{g/g}$ y sin cáscara de 19,48 y 18,16 $\mu\text{g/g}$, se puede observar un decremento por las operaciones de cortado y lavado, y por la aplicación de los tratamientos. Además, el contenido de Fe en el control inicial (Hojuelas con almidón) fue superior al de la papa nativa INIAP-*Puca Shungo* en estado fresco y sin procesar con un rango de 61–86 ppm, señalado por **Monteros et al. (2011)**. Sin embargo, los resultados de los tratamientos (Tabla 4) se encuentran por debajo del rango indicado.

Al comparar las concentraciones de Fe de las hojuelas crudas de los tratamientos T5 y T7 de 20,03 y 29,31 $\mu\text{g/g}$, respectivamente, se observó que existe diferencia significativa ($p < 0,05$) entre los tratamientos. El menor contenido de Fe de los tratamientos con PAS puede explicarse por la interacción entre ciertos minerales con el pirofosfato utilizado como aditivo (**Badui, 2014**). Además, **Rahman y Labuza (1999)**, señalan que la pérdida de minerales en el procesamiento de tubérculos y vegetales ocurre durante procesos de lixiviación, lo que sugiere que el Fe se pierde durante la inmersión en las soluciones de PAS y AA.

Similar fenómeno ocurre con las hojuelas crudas de los tratamientos T1 y T3 con 19,48 y 18,16 $\mu\text{g/g}$, respectivamente, donde se observa una disminución del contenido de Fe como consecuencia de los tratamientos aplicados. Sin

embargo, al comparar los indicados contenidos de Fe, se observó que no existe diferencia significativa ($p < 0,05$) entre los tratamientos.

Al comparar las hojuelas con y sin cáscara, tratadas con PAS y AA, los contenidos de Fe de las hojuelas con cáscara (20,03 y 29,31 $\mu\text{g/g}$) fueron superiores a sus tratamientos similares sin cáscara (19,48 y 18,16 $\mu\text{g/g}$), lo que evidencia la presencia de Fe en la cáscara del tubérculo. Según **Gould (1999)**, la cáscara de la papa contiene fibra y minerales.

Al aplicar la prueba de Tukey al 5 % se observó que existen diferencias significativas ($p < 0,05$) en el contenido de Fe de las presentaciones (a: Hojuelas sin cáscara; a1: Hojuelas con cáscara) por efecto de los pretratamientos (b0: PAS al 0,5 % por 30 min; b1: AA al 0,8 % por 60 min). Entonces, en las hojuelas crudas se logró la mayor concentración de Fe con la combinación de factores a1b1, que representa a las hojuelas con cáscara tratadas con AA al 0,8 % por 60 min, con un valor de 29,31 $\mu\text{g/g}$.

En la Figura 5 se muestra el porcentaje de pérdida de Fe en relación a los tratamientos y procedimientos vinculados con la producción de chips, donde se observa que antes de aplicar la fritura las operaciones como el lavado, el pelado y el cortado presentan pérdida de Fe. Así, al aplicar el cortado y los tres lavados consecutivos por 5 min con el fin de eliminar el almidón se pierde un 57 % de Fe con respecto al control inicial, resultado ponderadamente elevado y que corrobora lo mencionado por **Rahman y Labuza (1999)**, quienes indican a la lixiviación como la operación vinculada con la pérdida de minerales durante el procesamiento. La pérdida del 57 % en control de tratamientos funciona a fin de explicar la pérdida de Fe por efectos de los tratamientos. Así, al someter las hojuelas con cáscara en PAS y en AA se pierde un 21 y 10 %, respectivamente, mientras las hojuelas sin cáscara pierden 21 y 23 %, respectivamente.

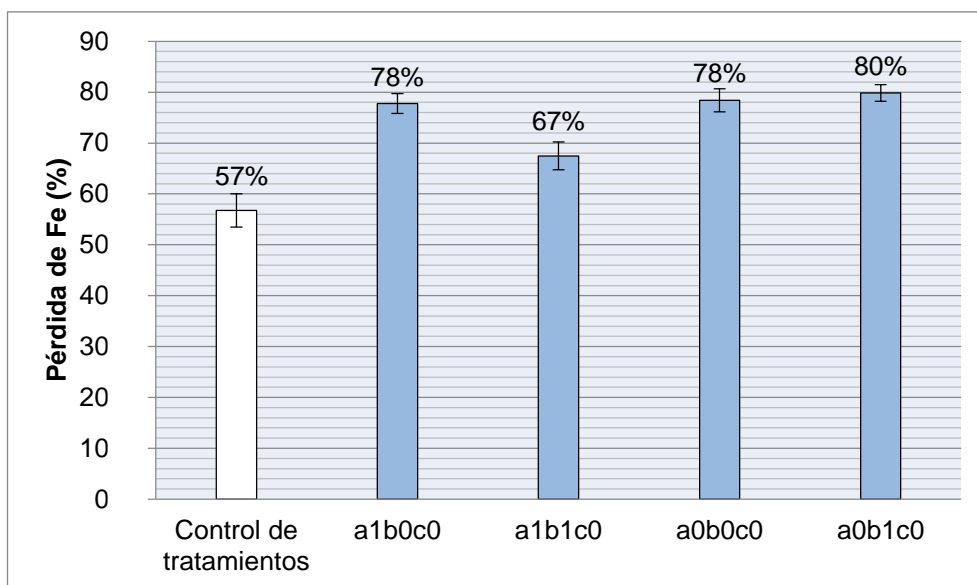


Figura 5. Pérdida de Fe (%) en hojuelas crudas de papa nativa *Puca Shungo*. a0: Hojuelas sin cáscara, a1: Hojuelas con cáscara, b0: PAS al 0,5 % por 30 min, b1: AA al 0,8 % por 60 min, c0: Sin fritura.

Por otro lado, al comparar los contenidos de Mg en el control inicial y en el control de tratamientos con 1032,09 y 1000,38 $\mu\text{g/g}$, respectivamente (Tabla 13-Anexo A), y el de los tratamientos con cáscara entre 796,26 y 918,78 $\mu\text{g/g}$ y sin cáscara con 683,53 y 719,57 $\mu\text{g/g}$ (Tabla 4); se observó un decremento de Mg por las operaciones de cortado y lavado, y por la aplicación de los tratamientos. Los mayores contenidos de Mg corresponden a las hojuelas con cáscara, que se encuentran en el rango bibliográfico de 800 a 1300 ppm (**Monteros et al., 2011**); mientras que los resultados de Mg de las hojuelas sin cáscara se encuentran por debajo del rango señalado como consecuencia de la influencia del procesamiento y la aplicación de los tratamientos.

Al comparar los contenidos de Mg de las hojuelas crudas de los tratamientos T5 y T7 con 796,26 y 918,78 $\mu\text{g/g}$, respectivamente, se observó que son estadísticamente diferentes ($p < 0,05$). El menor valor de Mg corresponde al tratamiento con PAS, lo que sugiere que existen interacciones entre el PAS y el elemento mineral, razón por la cual en la industria alimentaria se usan compuestos de fósforo para disolver los minerales (**Rahman y Labuza, 1999**).

Al comparar los contenidos de Mg de las hojuelas crudas sin cáscara de los tratamientos T1 y T3 con 683,53 y 719,57 $\mu\text{g/g}$, respectivamente, se observó que no existe diferencia significativa ($p < 0,05$), notándose que no existe influencia del PAS ni del AA en la concentración de Mg en las hojuelas. No obstante, al comparar los contenidos de Mg de las hojuelas con cáscara tratadas con PAS (796,26 $\mu\text{g/g}$) y AA (918,78 $\mu\text{g/g}$) con aquellos sin cáscara (683,53 y 719,57 $\mu\text{g/g}$), se evidencia que el contenido de Mg de las hojuelas con cáscara son superiores a las hojuelas sin cáscara. En este sentido, **Gould (1999)** menciona que la cáscara contiene minerales.

Al aplicar la prueba de Tukey al 5 % se observó que existen diferencias significativas ($p < 0,05$) en el contenido de Mg de las presentaciones (a: Hojuelas sin cáscara; a1: Hojuelas con cáscara) por efecto de los pretratamientos con PAS y AA. En consecuencia, la mayor concentración de Mg (918,78 $\mu\text{g/g}$) se observó con el tratamiento T7 (a1b1), que representa a las hojuelas con cáscara tratadas con AA al 0,8 % por 60 min.

En la Figura 6 se muestra la pérdida de Mg en las hojuelas crudas con y sin cáscara tratadas con PAS y AA. Se observó la pérdida de 3 % de Mg en el control de tratamientos con respecto al control inicial, pérdida que ocurre en las operaciones de cortado y lavado. Luego, al comparar la pérdida de Mg de los tratamientos con el control, se observaron pérdidas ponderadas como consecuencia de la inmersión en las soluciones correspondientes. Así, en las hojuelas con cáscara, se pierde 23 % en PAS y 11 % en AA. En cambio, en las hojuelas sin cáscara se pierde 34 % en PAS y 30 % en AA.

La mayor pérdida de Mg ocurre en la papa sin cáscara, independientemente del tratamiento, que se explicaría por el efecto del pelado de la papa, lo cual produce la disminución de minerales. No obstante, este efecto se incrementa al colocar las hojuelas en las soluciones de PAS y AA, pues la lixiviación produce pérdida de minerales; más aún, al aplicar PAS se favorece la disminución, lo que sugiere que existe interacción entre el mineral y el acidulante (**Badui, 2014; Fillion y Henry, 1998**).

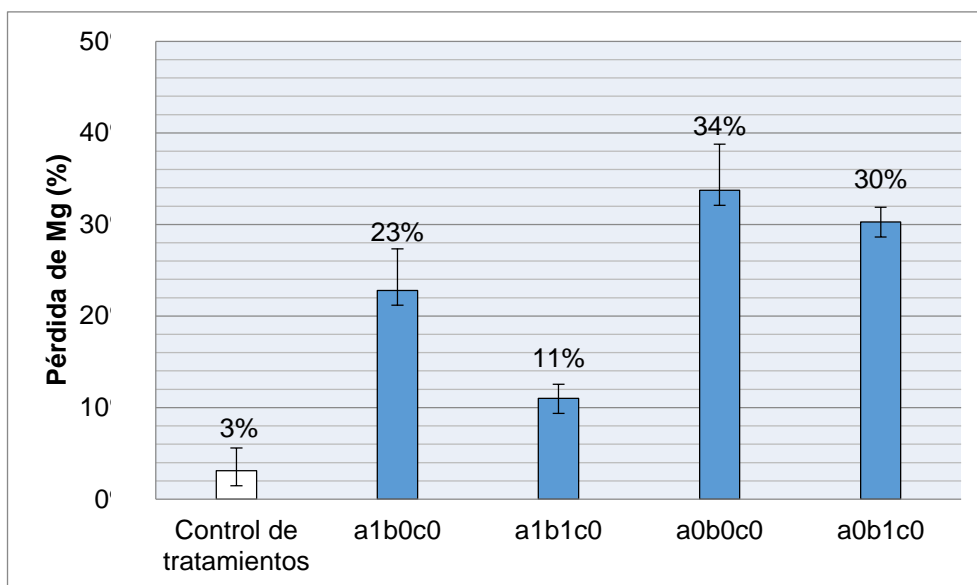


Figura 6. Pérdida de Mg (%) en hojuelas crudas de papa nativa *Puca Shungo*. a0: Hojuelas sin cáscara, a1: Hojuelas con cáscara, b0: 0,5% PAS por 30 min, b1: 0,8% AA por 60 min, c0: Sin fritura

Finalmente, al comparar los contenidos de Ca en el control inicial y en el control de tratamientos con 690,52 y 606,90 $\mu\text{g/g}$, respectivamente (Tabla 13-Anexo A), y de los tratamientos con cáscara de 489,79 y 566,34 $\mu\text{g/g}$, y sin cáscara de 355,99 y 465,72 $\mu\text{g/g}$, se puede observar una disminución de Ca por las operaciones de cortado y lavado, y por la aplicación de los tratamientos. Los mayores contenidos de Ca se observaron en los tratamientos con cáscara con respecto a los sin cáscara. No obstante, los contenidos de Ca de los tratamientos (Tabla 4) se encuentran dentro del rango de 300–600 ppm (**Monteros et al., 2011**).

Al comparar los contenidos de Ca de las hojuelas crudas de los tratamientos T5 y T7 con 489,79 y 566,34 $\mu\text{g/g}$, respectivamente, se observó que existe diferencia significativa ($p < 0,05$) entre los tratamientos. El menor contenido de Ca ocurrió en los tratamientos con PAS; **Badui (2014)**, menciona que agentes secuestradores como el EDTA, fosfatos, pirofosfatos y tripolifosfatos interactúan con el Ca y otros minerales; lo cual explicaría la disminución de este mineral al aplicar PAS. Similar fenómeno ocurre con las hojuelas crudas de los tratamientos T1 y T3 con 355,99 y 465,72 $\mu\text{g/g}$, respectivamente, donde se observa una disminución del contenido de Ca como consecuencia de los tratamientos aplicados; identificándose de igual manera que existe

diferencia significativa ($p < 0,05$) entre los tratamientos. **Rahman y Labuza (1999)** señalan que la pérdida de minerales en el procesamiento de tubérculos y vegetales ocurre durante procesos de lixiviación, lo que sugiere la pérdida de minerales en las soluciones de PAS y AA.

Al comparar las hojuelas crudas con y sin cáscara tratadas con PAS y AA, se observó que los contenidos de Ca de las con cáscara (489,79 y 566,34 $\mu\text{g/g}$) son superiores a sus tratamientos similares sin cáscara (355,99 y 465,72 $\mu\text{g/g}$), lo que demuestra la presencia de Ca en la cáscara del tubérculo. Según **Gould (1999)**, la cáscara de la papa contiene fibra y minerales.

Al aplicar la prueba de Tukey al 5 % se demuestra que existen diferencias significativas ($p < 0,05$) en el contenido de Ca de las presentaciones (sin cáscara y con cáscara) por efecto de los pretratamientos con PAS y AA. En consecuencia, la mayor concentración de Ca (566,34 $\mu\text{g/g}$) se observó con el tratamiento T7 (a1b1), que representa a las hojuelas con cáscara tratadas con AA al 0,8% por 60 min.

En la Figura 7 se muestra la pérdida de Ca en hojuelas crudas con y sin cáscara tratadas con PAS y AA. Se observa la pérdida de Ca (12 %) en el control de tratamientos en comparación con el control inicial debido a las operaciones de cortado y lavado en el procesamiento de chips. Al comparar la pérdida de Ca de los tratamientos con el control de tratamientos, se observó pérdidas de Ca como consecuencia de la inmersión en las soluciones ácidas. Así, las hojuelas con cáscara pierden Ca en un 29 y 18 % en PAS y AA, respectivamente; mientras las hojuelas sin cáscara se pierden 48 y 33 % en PAS y AA, respectivamente.

La disminución ponderada de Ca en la papa sin cáscara, independientemente del tratamiento, ocurre como efecto del pelado, y como consecuencia de la lixiviación del Ca en las soluciones de PAS y AA. Además, la inmersión del producto en PAS favorece la pérdida de Ca debido a la interacción con el acidulante (**Badui, 2014; Fillion y Henry, 1998**).

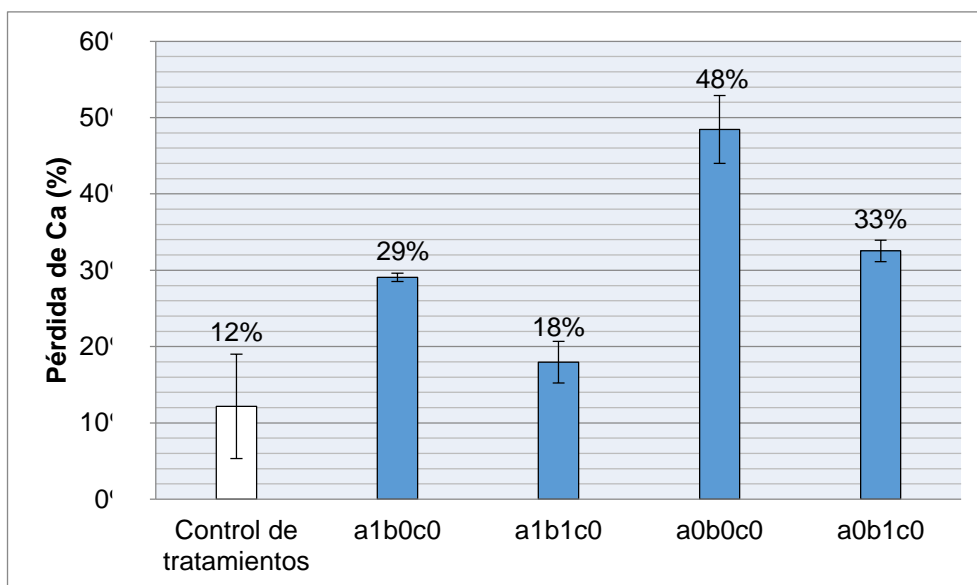


Figura 7. Pérdida de Ca (%) en hojuelas crudas de papa *Puca Shungo*. a0: Hojuelas sin cáscara, a1: Hojuelas con cáscara, b0: PAS al 0,5 % por 30 min, b1: AA al 0,8 % por 60 min, c0: Sin fritura.

4.1.2 Metodología para la elaboración de hojuelas fritas de papa nativa *Puca Shungo*

4.1.2.1 Proceso de elaboración de hojuelas fritas

Inicialmente, se receptaron papas nativas en costales pequeños, mismos que fueron almacenados a temperatura ambiente. Luego, en la selección se realizó un descarte de los tubérculos en mal estado, específicamente aquellos magullados, golpeados o con signos de deterioro. La papa seleccionada se lavó con agua potable mediante un chorro a presión y utilizando un cepillo para eliminar la tierra adherida. Inmediatamente, la papa lavada se sumergió en una solución desinfectante de hipoclorito de sodio a 3 ppm durante 20 min, con el propósito de reducir la carga microbiana superficial.

A continuación, la mitad de los tubérculos fueron pelados manualmente con ayuda de cuchillos de cocina, y la otra mitad se dejó con la piel intacta. Tras esta operación, los tubérculos con y sin cáscara fueron cortados en hojuelas, con la ayuda de una maquina rebanadora manual, graduada a una abertura de $2 \pm 0,3$ mm. Después, las hojuelas se sumergieron en una solución de AA al 0,8 % durante 60 min y en una solución de PAS al 0,5 % durante 30 min,

tal como se estableció en el diseño experimental. Al final de los tratamientos, se escurrió el exceso de solución mediante un colador.

Posteriormente, se llevó a cabo el proceso de fritura sumergiendo las hojuelas en aceite a 180 °C en una proporción 1:4 (masa:volumen) por un tiempo aproximado de 5 min. Al cabo de este tiempo, se retiraron las hojuelas fritas de la freidora, y se eliminó el exceso de aceite, colocándolas sobre papel absorbente durante 20 min hasta su enfriamiento. Finalmente, los chips de papa fueron empacados en fundas de celofán con un peso aproximado de 30 g por funda, selladas con ayuda de una termoselladora manual, y almacenadas a temperatura ambiente. Todo esto se presenta esquemáticamente en el diagrama de flujo (Figura 14-Anexo C).

4.1.3 Concentración de antocianinas totales, hierro, calcio y magnesio en hojuelas fritas de papa nativa *Puca Shungo* con y sin cáscara

4.1.3.1 Antocianinas totales

En la Tabla 5 se presentan las concentraciones de AT en hojuelas fritas de papa con y sin cáscara tratadas con PAS (T6 y T2) y AA (T8 y T4). Al comparar los contenidos de AT, se observó que existen diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos. En este sentido, se observa que el contenido de AT de las hojuelas de los tratamientos T6 y T8 con 32,62 y 27,36 mg/100 g, respectivamente, son superiores a los de las hojuelas de los tratamientos T2 y T4 con 30,30 y 22,94 mg/100 g, respectivamente. Entonces, se aprecia claramente un mayor contenido de AT en la papa con cáscara con respecto a la sin cáscara, y la influencia del pelado en la disminución de AT en la papa.

Tabla 5. Concentración de antocianinas totales (mg de cianidin-3-glucósido/100 g) en hojuelas fritas de papa nativa *Puca Shungo* con y sin cáscara tratadas con PAS al 0,5 % por 30 min y AA al 0,8 % por 60 min.

| Fitonutriente (mg/100g)* | Hojuelas con cáscara | | Hojuelas sin cáscara | |
|--------------------------|------------------------------|----------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| | T6: PAS al 0,5 % por 30 min. | T8: AA al 0,8% por 60 min. | T2: PAS al 0,5 % por 30 min. | T4: AA al 0,8 % por 60 min. |
| Antocianinas totales | 32,62 ± 0,42 ^b | 27,36 ± 0,44 ^{de} | 30,30 ± 1,43 ^c | 22,94 ± 0,78 ^f |

* $\bar{x} \pm \sigma$ correspondiente a los tratamientos por triplicado, valores expresados en base seca.

Al comparar los resultados del contenido de AT de las hojuelas fritas (Tabla 5) con las hojuelas crudas correspondientes (Tabla 3), se observa que el contenido de las primeras es menor debido a los efectos de la fritura. Se conoce que factores como el pH, la luz, el oxígeno, el procesamiento, la temperatura de almacenamiento o la presencia de enzimas, proteínas, iones metálicos y flavonoides afectan la estabilidad de las antocianinas (**Castañeda-Ovando et al., 2009**). De igual manera, **Lachman et al. (2013)** destacan que procesos que involucran calentamiento afectan la concentración de antocianinas y la actividad antioxidante. Así, el cocinado, el horneado y la fritura tienden a degradar las antocianinas; siendo el efecto de la fritura aún más elevado, debido a que la temperatura produce el rompimiento de enlaces covalentes y el aumento de la oxidación (**Ezekiel et al., 2013**).

Al comparar los contenidos de AT de los tratamientos de la Tabla 5, se observan diferencias significativas ($p < 0,05$) entre la aplicación de PAS y AA para conservar las AT en las hojuelas fritas. En este sentido, los contenidos de AT de las hojuelas fritas de los tratamientos T6 y T2 con 32,62 y 30,30 mg/100 g, respectivamente, son superiores a los de las hojuelas de los tratamientos T8 y T4 con 27,36 y 22,94 mg/100 g, respectivamente; reconociéndose así los beneficios del PAS en la conservación de las AT durante la fritura, y corroborando los resultados mencionados por **Analuisa (2012)** y **Ezekiel et al. (2013)**. La mayor concentración de AT (32,62 mg/100 g) se observó con el tratamiento T6 (a1b0c1), que representa a las hojuelas fritas de papa con cáscara tratadas con PAS al 0,5 % por 30 min.

En la Figura 8 se presentan los porcentajes de pérdida de AT de las hojuelas fritas de papa con y sin cáscara tratadas con PAS y AA. Se observó la máxima pérdida de AT (45 %) en las hojuelas sin cáscara tratadas con AA; mientras que en las tratadas con PAS la pérdida es de 27 %. Luego, al comparar las hojuelas con cáscara tratadas con PAS y AA, se observa la mayor pérdida de AT (34 %) en las tratadas con AA; mientras que en las tratadas con PAS la pérdida de AT es de 21 %. Esto corrobora el efecto del PAS en la conservación de las AT durante la fritura y la acción protectora

que brinda la cáscara. Un estudio realizado por **Kita et al. (2015)** en chips de papa de pulpa roja mencionan pérdidas de hasta el 99 % de antocianinas.

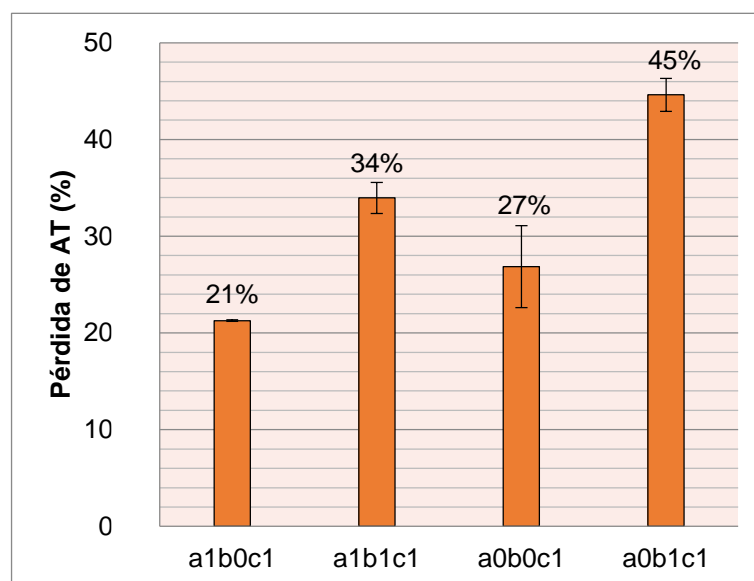


Figura 8. Pérdida de antocianinas totales (%) en hojuelas fritas de papa nativa *Puca Shungo*. a0: Hojuelas sin cáscara, a1: Hojuelas con cáscara, b0: PAS al 0,5% por 30 min, b1: AA al 0,8% por 60 min, c1: Fritura en aceite de palma 180 °C durante 5 min.

4.1.3.2 Nutrientes minerales

En la Tabla 6 se presentan los resultados de las concentraciones de Fe, Mg y Ca ($\mu\text{g/g}$) de las hojuelas fritas de papa nativa *Puca Shungo* con y sin cáscara tratadas con PAS (T6 y T2) y AA (T8 y T4).

Tabla 6. Concentraciones de Fe, Mg y Ca ($\mu\text{g/g}$) en hojuelas fritas de papa nativa *Puca Shungo* con y sin cáscara tratadas con PAS al 0,5 % por 30 min y AA al 0,8 % por 60 min.

| Nutrientes minerales ($\mu\text{g/g}$)* | Hojuelas con cáscara | | Hojuelas sin cáscara | |
|---|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| | T6: PAS al 0,5 % por 30 min. | T8: AA al 0,8 % por 60 min. | T2: PAS al 0,5 % por 30 min. | T4: AA al 0,8 % por 60 min. |
| Fe | 10,97 \pm 0,53 ^d | 12,31 \pm 0,80 ^d | 17,72 \pm 0,45 ^c | 17,35 \pm 0,68 ^c |
| Mg | 344,63 \pm 0,90 ^f | 413,78 \pm 3,10 ^{ef} | 479,53 \pm 5,55 ^e | 588,93 \pm 15,14 ^d |
| Ca | 330,32 \pm 9,93 ^d | 346,96 \pm 5,26 ^d | 341,98 \pm 16,97 ^d | 395,82 \pm 8,96 ^c |

* $\bar{x} \pm \sigma$ correspondiente a los tratamientos por triplicado, valores expresados en base seca.

Al comparar las concentraciones de Fe de las hojuelas con cáscara de los tratamientos T6 y T8 con 10,97 y 12,31 $\mu\text{g/g}$, respectivamente, se observa que no existe diferencia significativa ($p < 0,05$) entre los tratamientos. De igual manera, se observa el mismo efecto al comparar los contenidos de Fe de las hojuelas sin cáscara de los tratamientos T2 y T4 con 17,72 y 17,35 $\mu\text{g/g}$,

respectivamente. Mientras que al comparar los contenidos de Fe de las hojuelas con cáscara (T6 y T8) y las sin cáscara (T2 y T4), se observa que los contenidos de Fe de las hojuelas sin cáscara (entre 17,72 y 17,35 $\mu\text{g/g}$) son superiores a sus tratamientos similares con cáscara (entre 10,97 y 12,31 $\mu\text{g/g}$), lo que sugiere que el Fe de las hojuelas con cáscara se pierde en mayor proporción durante la fritura.

La mayor concentración de Fe se observó en el tratamiento T2 (a0b01c1), que representa a las hojuelas fritas de papa nativa sin cáscara tratadas con PAS al 0,5 % por 30 min con un valor de 17,72 $\mu\text{g/g}$, seguido del T4 de hojuelas sin cáscara tratadas con AA con 17,35 $\mu\text{g/g}$. **Untuña (2013)**, menciona un valor de 16 ppm de Fe en hojuelas fritas de papa *Puca Shungo*.

En la Figura 9 se muestran los resultados de la pérdida de Fe ocasionados por la fritura, donde se observa que las mayores pérdidas ocurren en las hojuelas fritas con cáscara tratadas con PAS (88 %) y AA (86 %). Mientras en las hojuelas sin cáscara tratadas con PAS y AA, las pérdidas fueron de 80 y 81 %, respectivamente. **Untuña (2013)**, menciona que al aplicar fritura convencional en la elaboración de chips de papa *Puca Shungo* se pierde un 72,12 % de Fe en relación a la papa cruda; y que la fritura convencional afecta mayormente al contenido de minerales en comparación con la aplicación de la fritura al vacío. Además, los resultados indican la influencia del pelado, del tipo de ácido usado en la inmersión y de la fritura en aceite. Al respecto, se menciona que la lixiviación produce pérdida de minerales; y que al aplicar PAS se favorece la disminución del mineral debido a su interacción con el acidulante, y por efecto de la temperatura de fritura (**Badui, 2014; Fillion y Henry, 1998**).

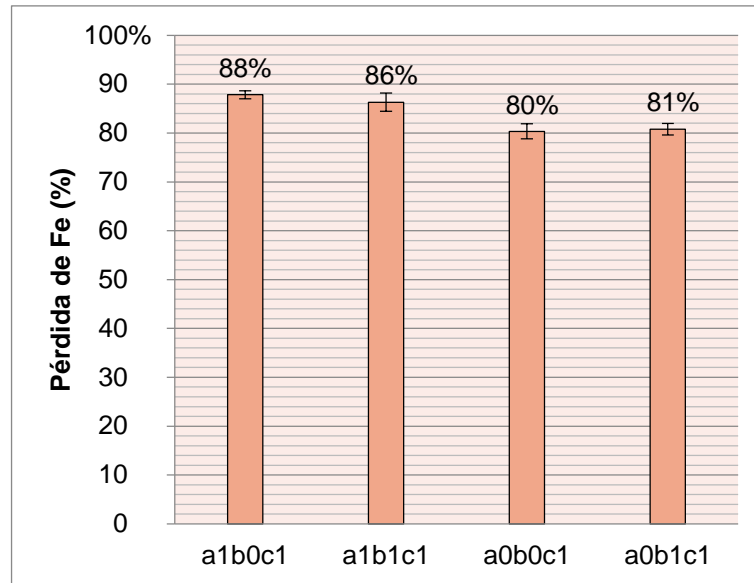


Figura 9. Pérdida de Fe (%) en hojuelas fritas de papa nativa *Puca Shungo*. a0: Hojuelas sin cáscara, a1: Hojuelas con cáscara, b0: PAS al 0,5% por 30 min, b1: AA al 0,8% por 60 min, c1: Fritura en aceite de palma 180 °C durante 5 min.

Con respecto al Mg, al comparar los contenidos en las hojuelas con cáscara de los tratamientos T6 y T8 con 344,63 y 413,78 $\mu\text{g/g}$, respectivamente, se observó que no existe diferencia significativa ($p < 0,05$) entre los tratamientos; contrariamente a lo observado al comparar los contenidos de las hojuelas sin cáscara de los tratamientos T2 y T4 con 479,53 y 588,93 $\mu\text{g/g}$, respectivamente, donde existe diferencia significativa ($p < 0,05$) entre ellos, lo que sugiere la influencia de los acidulantes en la pérdida de Mg, y que la mayor interacción ocurre entre el PAS y el elemento mineral (**Badui, 2014**).

Al comparar los contenidos de Mg de las hojuelas con cáscara (T6 y T8) y sin cáscara (T2 y T4), se observa que los contenidos en las hojuelas sin cáscara (entre 479,53 y 588,93 $\mu\text{g/g}$) son superiores a sus tratamientos similares con cáscara (entre 344,63 y 413,78 $\mu\text{g/g}$), lo que sugiere que el Mg de las hojuelas con cáscara se pierde durante la fritura. En este sentido, se destaca que los contenidos de Mg de todos los tratamientos (Tabla 6) son superiores al 0,03 % de Mg, equivalente a 300 ppm o 300 $\mu\text{g/g}$, en hojuelas fritas de papa nativa *Puca Shungo* (**Untuña, 2013**). Además, el más alto valor de Mg se observó en el tratamiento T4 (a0b1c1), que representa a hojuelas fritas de papa *Puca Shungo* sin cáscara tratadas con AA al 0,8 %

por 60 min con 588,93 µg/g, seguido del T2 de las hojuelas sin cáscara tratadas con PAS (479,53 µg/g).

La Figura 10 muestra las pérdidas de Mg ocasionadas por la fritura, donde las mayores pérdidas ocurren en las hojuelas fritas con cáscara tratadas con PAS (67 %) y AA (60 %). Mientras que en las hojuelas sin cáscara las pérdidas fueron de 54 y 43 %, respectivamente. **Untuña (2013)**, señala que al aplicar fritura convencional en la elaboración de chips de papa nativa *Puca Shungo* sin cáscara se pierde un 57,14 % de Mg en relación a la papa cruda. La mayor pérdida de Mg (67 %) en las hojuelas con cáscara, se explicaría por del efecto del PAS en la disminución de minerales y por la fritura. Además, la lixiviación produce pérdida de minerales, y al aplicar PAS y aumentar la temperatura se favorece la disminución de dicho mineral (**Badui, 2014; Fillion y Henry, 1998**).

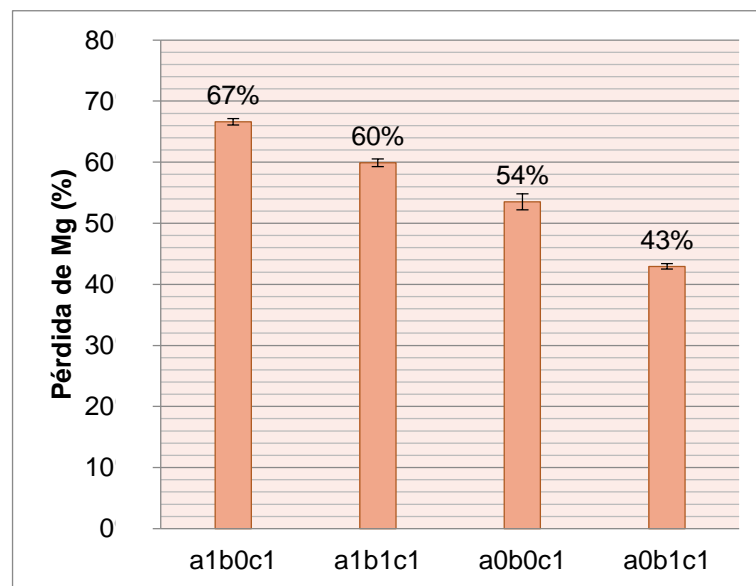


Figura 10. Pérdida de Mg (%) en hojuelas fritas de papa nativa *Puca Shungo*. a0: Hojuelas sin cáscara, a1: Hojuelas con cáscara, b0: PAS al 0,5 % por 30 min, b1: AA al 0,8 % por 60 min, c1: Fritura en aceite de palma 180 °C durante 5 min.

Con respecto a Ca (Tabla 6), y comparar los contenidos de Ca de las hojuelas con cáscara de los tratamientos T6 y T8 con 330,32 y 346,96 µg/g, respectivamente, se observó que no existe diferencia significativa ($p < 0,05$) entre los tratamientos. En contraste, se observa que existe diferencia significativa ($p < 0,05$) al comparar los contenidos de Ca de las hojuelas sin

cáscara de los tratamientos T2 y T4 con 341,98 y 395,82 $\mu\text{g/g}$, respectivamente. Mientras que al comparar los contenidos de Ca de las hojuelas con cáscara (T6 y T8) y las sin cáscara (T2 y T4), se observó que los contenidos de Ca de las hojuelas sin cáscara (entre 341,98 y 395,82 $\mu\text{g/g}$) son superiores a sus tratamientos similares con cáscara (entre 330,32 y 346,96 $\mu\text{g/g}$), lo que sugiere que el Ca de las hojuelas con cáscara se pierde en mayor proporción durante la fritura.

La mayor concentración de Ca se observó en el tratamiento T4 (a0b1c1) que representa a las hojuelas fritas de papa nativa *Puca Shungo* sin cáscara tratadas con AA con un valor de 395,82 $\mu\text{g/g}$. **Untuña (2013)** señala una concentración de Ca de 0,01 %, equivalente a 100 ppm o 100 $\mu\text{g/g}$, misma que es menor a los resultados de Ca (Tabla 6), cuyos valores van desde 330,32 hasta 395,82 $\mu\text{g/g}$.

La Figura 11 muestra las pérdidas de Ca ocasionadas por la fritura, donde se observa que las mayores pérdidas ocurren en las hojuelas con cáscara tratadas con PAS (52 %) y AA (50 %); mientras en las hojuelas sin cáscara tratadas con PAS y AA, las pérdidas fueron de 50 y 43 %, respectivamente. La mayor pérdida de Ca (52 %) ocurre en la papa con cáscara tratada con PAS, este efecto se explicaría por la interacción entre el Ca y el pirofosfato en la disminución del mineral, sumado a la aplicación de la temperatura de fritura. **Untuña (2013)**, señala que al aplicar fritura convencional en la elaboración de chips se pierde un 66,67 % de Ca en relación a la papa cruda. Además, los resultados indican la influencia del pelado, del tipo de ácido usado en la inmersión y de la fritura. Al respecto se menciona que la lixiviación produce pérdida de minerales; y que al aplicar PAS se favorece la disminución del Ca debido su interacción con el mineral (**Badui, 2014; Fillion y Henry, 1998**).

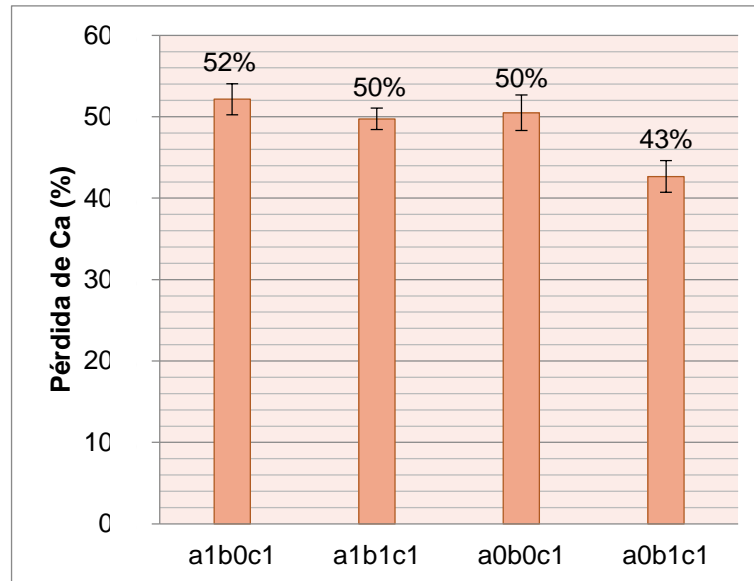


Figura 11. Pérdida de Ca (%) en hojuelas fritas de papa nativa *Puca Shungo*. a0: Hojuelas sin cáscara, a1: Hojuelas con cáscara, b0: PAS al 0,5 % por 30 min, b1: AA al 0,8 % por 60 min, c1: Fritura en aceite de palma 180 °C durante 5 min.

4.1.4 Humedad y actividad de agua en hojuelas fritas de papa nativa *Puca Shungo* con y sin cáscara.

4.1.4.1 Humedad

En la Tabla 7 se presentan los resultados del porcentaje de humedad de las hojuelas fritas de papa *Puca Shungo* con y sin cáscara, tratadas con AA al 0,8 % por 60 min y con PAS al 0,5 % por 30 min. Se observó que los resultados de humedad de los tratamientos se encuentran en un rango de 6,07 a 6,70 %, valores que se encuentran entre 6 y 10 % considerados adecuados para chips de papa por fritura convencional (**Matz, 2012**). Este autor señala que contenidos mínimos de humedad a nivel industrial se logran mediante equipos como microondas de secado o con la aplicación final de fritura al vacío, siendo importante analizar la humedad puesto que a porcentajes inferiores a 1,25 % se eleva el costo de producción, mientras que a valores superiores a 10 % se acorta la vida útil. **Gould (1999)** enfatiza la importancia del análisis de humedad, pues existe una íntima relación con el control de la textura del producto final, y que un valor de humedad de 1,50 % es considerado como de calidad excelente para chips de papa.

Tabla 7. Humedad (%) en hojuelas fritas de papa nativa *Puca Shungo* con y sin cáscara tratadas con PAS al 0,5 % por 30 min y AA al 0,8 % por 60 min.

| Análisis | Hojuelas con cáscara | | Hojuelas sin cáscara | |
|-------------|------------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| | T6: PAS al 0,5 % por 30 min. | T8: AA al 0,8 % por 60 min. | T2: PAS al 0,5 % por 30 min. | T4: AA al 0,8 % por 60 min. |
| Humedad (%) | 6,66 ± 0,07 ^b | 6,53 ± 0,07 ^b | 6,07 ± 0,08 ^a | 6,70 ± 0,07 ^b |

$\bar{x} \pm \sigma$ correspondiente a los tratamientos por triplicado.

4.1.4.2 Actividad de agua

La Tabla 8 muestra los resultados de aw de las hojuelas fritas de papa *Puca Shungo*, con y sin cáscara, tratadas con AA al 0,8 % por 60 min y con PAS al 0,5 % por 30 min, donde se observa que no existe diferencia significativa entre los tratamientos, con valores de aproximadamente 0,4. **Badui (2014)** menciona que los productos con valores de aw menores a 0,6 son considerados como alimentos de baja aw, y que dichos alimentos son menos susceptibles al deterioro microbiano. Se conoce que las bacterias requieren una aw > 0,91, las levaduras aw > 0,88 y los hongos aw > 0,80; no obstante, a valores menores de 0,3 se favorece la oxidación de aceites, vitaminas y varios pigmentos. La textura se estima como inaceptable cuando se alcanza una aw de 0,4 a 0,5 (**Labuza, 1982**); y la disminución de la aw favorece la degradación de las antocianinas (**Garzón y Wrolstad, 2001**), mientras su aumento disminuye la aceptabilidad sensorial (**Katz y Labuza, 1981**).

Rahman y Labuza (1999) afirman la importancia e influencia de la aw en las características físico químicas, vida útil y propiedades sensoriales de los alimentos tanto en su estado fresco como procesado. **Mathlouthi (2001)**, destaca que diversas reacciones de degradación dependen de la aw presente en el alimento, siendo un factor relevante para la realización de diversas reacciones químicas y bioquímicas, un ejemplo es la oxidación de lípidos que se produce por debajo de una aw de 0,30. Para productos tipo snack, se considera como límite crítico una aw de 0,5 en cuanto a la vida útil (**Untuña, 2013**).

Tabla 8. Actividad de agua (A_w) en hojuelas fritas de papa nativa *Puca Shungo* con y sin cáscara tratadas con PAS al 0,5 % por 30 min y AA al 0,8 % por 60 min.

| Análisis | Hojuelas con cáscara | | Hojuelas sin cáscara | |
|----------|------------------------------|-----------------------------|------------------------------|----------------------------|
| | T6: PAS al 0,5 % por 30 min. | T8: AA al 0,8 % por 60 min. | T2: PAS al 0,5 % por 30 min. | T4: AA al 0,8% por 60 min. |
| A_w^* | $0,386 \pm 0,006^a$ | $0,394 \pm 0,005^a$ | $0,389 \pm 0,006^a$ | $0,395 \pm 0,005^a$ |

* $\bar{x} \pm \sigma$ correspondiente a los tratamientos por triplicado.

4.1.5 Determinación y caracterización del mejor tratamiento

El mejor tratamiento se seleccionó en base al análisis estadístico del contenido de antocianinas en hojuelas fritas (Tabla 5), y corresponde al T6 (papa nativa *Puca Shungo* con cáscara tratada con PAS al 0,5 % por 30 min). En la Tabla 9 se muestran las características físicoquímicas del mejor tratamiento, cuyos resultados se encuentran dentro de los rangos mencionados bibliográficamente. Así para Fe, **Singh y Kaur (2016)** señalan un rango de 6 a 158 $\mu\text{g/g}$, que incluye a 10,97 $\mu\text{g/g}$ del presente estudio; para Ca, **Andre et al. (2007)** mencionan un rango de 271,09 a 1092,93 $\mu\text{g/g}$, que incluye a 330,32 $\mu\text{g/g}$; y para Mg, **Singh y Kaur (2016)** mencionan un rango de 160 a 403 $\mu\text{g/g}$, que incluye a 344,63 $\mu\text{g/g}$.

Cabe destacar que la concentración de antocianinas totales (32,62 mg/100 g) en el mejor tratamiento fue superior al valor mencionado por **Kita et al. (2013)** de 22,57 mg/100g antes de la fritura y de 13,55 mg/100 g en los chips de papa de pulpa roja Rosalinde.

Tabla 9. Caracterización físico química del mejor tratamiento T6 (a1b0c1).

| Análisis | Hojuelas con cáscara tratadas con PAS al 0,5 % por 30 min.* | |
|-------------------------------------|---|-------------------|
| Humedad (%) | $6,66 \pm 0,07$ | |
| A_w | $0,38 \pm 0,01$ | |
| Antocianinas totales (mg/100 g) | $32,62 \pm 0,42$ | |
| Micronutrientes ($\mu\text{g/g}$) | Fe | $10,97 \pm 0,53$ |
| | Mg | $344,63 \pm 0,90$ |
| | Ca | $330,32 \pm 9,93$ |

* $\bar{x} \pm \sigma$ correspondiente a los tratamientos por triplicado.

4.1.6 Determinación de la vida útil y evaluación sensorial del mejor tratamiento

Los alimentos son sistemas físico-químicos y biológicamente activos, en los cuales la calidad se mueve continuamente hacia niveles más bajos, entonces cada alimento en particular tiene un tiempo determinado después de su elaboración durante el cual mantiene en el nivel requerido sus cualidades organolépticas y de seguridad (**Casp Vanaclocha y Abril Requeña, 1998; Fernández, 2018**).

Labuza (1982), menciona que los principales modos de deterioro de los alimentos fritos tipo snack son la rancidez hidrolítica y el deterioro oxidativo de la grasa. En este sentido, se utilizó el OXYTEST para estimar la vida útil del mejor tratamiento T6. Según **Caruso et al. (2017)**, el equipo proporciona valores de periodo de inducción (PI), el tiempo de estabilidad antes de la oxidación de la grasa en condiciones aceleradas, y que a partir de estos datos es posible extrapolar y estimar el tiempo de vida útil de las muestras a distintas temperaturas. En la Tabla 10 se muestran los PI por duplicado del T6 a 90, 100 y 110 °C, proporcionados por el equipo OXITEST Oxidation Test Reactor.

Tabla 10. Periodo de Inducción (PI) del mejor tratamiento (T6) a diferentes temperaturas.

| Muestra | Temperatura [°C] | Presión [bar] | PI (Reactor 1) [h:m:s] | PI (Reactor 2) [h:m:s] | \bar{x} PI [h:m:s] |
|----------------------|------------------|---------------|------------------------|------------------------|----------------------|
| Chips de papa nativa | 90 | 6,00 | 26:15:00 | 26:11:00 | 26:13:00 |
| | 100 | 6,00 | 12:05:00 | 12:01:00 | 12:03:00 |
| | 110 | 6,00 | 5:34:00 | 5:42:00 | 5:38:00 |

La Figura 12 muestra el gráfico de Ln PI vs. T en base a los resultados de la Tabla 10, obteniéndose la ecuación lineal mediante el programa OXISoft™.

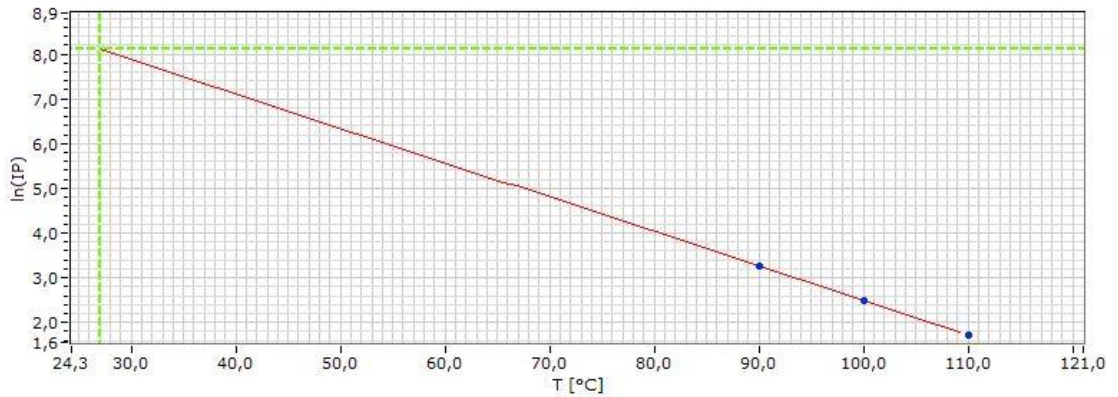


Figura 12. Linealización de los resultados de PI del mejor tratamiento (T6) a 90, 100 y 110 °C.

La ecuación obtuvo de la siguiente forma: $y = mx + b$

Dónde:

$y = \text{Ln PI (h:m:s)}$

$x = T (°\text{C})$

$$\text{Ln(PI)} = -0,076885 * T + 10,183190$$

Entonces, se despejó el PI para estimar el tiempo de vida útil a 20 y 26 °C, estableciéndose las siguientes ecuaciones:

$$\text{PI est. } 20\text{ }^{\circ}\text{C} = e^{(-0,076885*20+10,183190)} = 5684,45\text{ h} = 236,85\text{ días} \cong 237\text{ días.}$$

$$\text{PI est. } 26\text{ }^{\circ}\text{C} = e^{(-0,076885*26+10,183190)} = 3583,80\text{ h} = 149,32\text{ días} \cong 149\text{ días.}$$

Por lo tanto, la vida útil estimada de los chips a 20 y 26 °C es de 237 y 149 días, respectivamente.

En la Figura 13 se muestra el perfil sensorial de las hojuelas del mejor tratamiento T6, cuyos resultados fueron: color 4,5; olor 4,3; sabor 4,5; textura 4,3 y aceptabilidad 4,7. Estos valores se encuentran en el rango de agradable y muy agradable. **Matz (2012)** señala que la aceptabilidad de los chips de papa se ve afectada principalmente por el color y sabor, existiendo una estrecha relación entre el manejo de las condiciones de procesamiento y la calidad del producto final.



Figura 13. Perfil sensorial de las hojuelas del mejor tratamiento (T6)

4.2 Verificación de hipótesis

4.2.1 Efecto de la acidificación, presentación y procesamiento en el contenido de antocianinas totales en hojuelas fritas de papa nativa *Puca Shungo*

En la Tabla 16 (Anexo B) se presenta el ANOVA correspondiente a AT de los tratamientos T1, T3, T5 y T7 (Tabla 3), y T2, T4, T6 y T8 (Tabla 5) para determinar el efecto de la acidificación, presentación y procesamiento en las AT de las hojuelas de papa nativa *Puca Shungo* con y sin cáscara tratadas con PAS al 0,5 % por 30 min y AA al 0,8 % por 60 min, crudas y fritas.

El ANOVA señala que existen efectos significativos ($p < 0,05$) de la acidificación, presentación y procesamiento en el contenido de AT; en consecuencia se acepta la hipótesis H_a : La inmersión en soluciones de ácido ascórbico al 0,8 % y pirofosfato ácido de sodio al 0,5 %, la presencia de cáscara, y las condiciones de fritura influyen significativamente en el contenido de antocianinas totales de las hojuelas fritas de papa nativa *Puca Shungo*.

4.2.2 Efecto de la acidificación, presentación y procesamiento en el contenido de micronutrientes (hierro, calcio y magnesio) de hojuelas fritas de papa nativa *Puca Shungo*

En la Tabla 20 (Anexo B) se presenta el ANOVA correspondiente a nutrientes minerales de los tratamientos T1, T3, T5 y T7 (Tabla 4), y T2, T4, T6 y T8 (Tabla 6) para determinar el efecto de la acidificación, presentación y procesamiento en el contenido de nutrientes minerales de las hojuelas de papa nativa *Puca Shungo* con y sin cáscara tratadas con PAS al 0,5 % por 30 min y AA al 0,8 % por 60 min, crudas y fritas.

El ANOVA señala que existen efectos significativos ($p < 0,05$) de la acidificación, presentación y procesamiento en el contenido de nutrientes minerales; en consecuencia, se acepta la hipótesis H_a : La inmersión en soluciones de ácido ascórbico al 0,8 % y pirofosfato ácido de sodio al 0,5 %, la presencia de cáscara y las condiciones de fritura influyen significativamente en el contenido de nutrientes minerales de las hojuelas fritas de papa nativa *Puca Shungo*.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Se concluyó que los contenidos de AT y de minerales de las hojuelas crudas con cáscara de la papa nativa *Puca Shungo* fueron superiores a los de las hojuelas sin cáscara tratadas con PAS al 0,5 % por 30 min y AA al 0,8 % por 60 min. Así, el contenido de AT de las hojuelas con cáscara usando PAS y AA fue de 37,44 y 27,99 mg/100 g, respectivamente, con respecto a las sin cáscara con 31,34 y 25,96 mg/100 g, respectivamente. Similarmente, las hojuelas con cáscara presentaron contenidos de Fe usando PAS y AA de 20,03 y 29,31 µg/g, de Mg 796,26 y 918,78 µg/g, y de Ca 489,79 y 566,34 µg/g, respectivamente, valores superiores a los de las hojuelas sin cáscara. Al comparar los contenidos de AT de los tratamientos con PAS y AA, se observó que los mejores contenidos se obtuvieron con PAS; mientras que las mejores concentraciones de minerales con AA.
- La metodología de elaboración de hojuelas fritas de papa nativa *Puca Shungo* con y sin cáscara, involucró las siguientes operaciones: recepción, selección, lavado, desinfección, pelado, cortado, acidificación con AA y PAS, fritura y envasado, proceso que permitió la elaboración de chips de papa nativa con y sin cáscara, con altos contenidos de AT, aceptables de minerales, y calidad sensorial agradable.
- Los contenidos de AT de las hojuelas fritas con cáscara fueron superiores a las sin cáscara aplicando PAS y AA. Así, los contenidos de las hojuelas con cáscara usando PAS y AA fueron 32,62 y 27,36 mg/100 g, respectivamente, con respecto a las sin cáscara con 30,30 y 22,94 mg/100 g, respectivamente. La mayor concentración de AT se observó en las hojuelas fritas con y sin cáscara utilizando el PAS. Además, los contenidos de Fe, Mg y Ca de las hojuelas sin cáscara fueron superiores a los con cáscara aplicando los dos tratamientos. Así, los contenidos de

Fe en las hojuelas fritas sin cáscara usando PAS y AA fueron 17,72 y 17,35 $\mu\text{g/g}$, de Mg 479,53 y 588,93 $\mu\text{g/g}$, y de Ca 341,98 y 395,82 $\mu\text{g/g}$, respectivamente. Las mayores concentraciones de minerales se observó en las hojuelas fritas con y sin cáscara utilizando el AA.

- Se determinó como el mejor tratamiento al T6 (hojuelas con cáscara tratadas con PAS al 0,5 % por 30 min y fritas) debido a que se preserva las AT (32,62 mg/100 g) de mejor manera durante el procesamiento; sin embargo, este tratamiento favorece la pérdida de Fe, Mg y Ca. Sus tiempos estimados de vida útil fueron de 237 (20 °C) y 149 (26 °C) días. La evaluación sensorial global del producto varió entre agradable (4,3) y muy agradable (4,7), notándose la aceptabilidad del producto por parte de los panelistas.

5.2 Recomendaciones

- Investigar el perfil de antocianinas de la papa nativa *Puca Shungo* con y sin cáscara, cruda y frita mediante técnicas cromatográficas, con el propósito de evaluar el efecto del procesamiento.
- Evaluar la actividad antioxidante de las antocianinas presentes en hojuelas fritas de papa nativa con y sin cáscara.
- Realizar un estudio enfocado en el emprendimiento de la aplicación de la tecnología desarrollada en el presente estudio.
- Ampliar el estudio a otros minerales presentes en la papa nativa, e investigar hacia donde migran los minerales en la elaboración de chips de papa nativa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilera, M., Reza, M., Chew, R. y Meza, J. (2011). Propiedades funcionales de las antocianinas. *BIOtecnia*, 13(2), 16-22.
- Analuisa, G. (2012). *Evaluación del efecto del pirofosfato ácido de sodio sobre las antocianinas en la elaboración de hojuelas de papa nativa (Solanum andígena) de tres variedades (Pucashungo, Yanashungo y Yema de huevo)*. (Tesis de Grado), Universidad Técnica de Ambato.
- Analuisa, G., Ramos, M. y Silva, M. (2016). Efectos del pirofosfato ácido de sodio en antocianinas de hojuelas de papa (*Solanum andigena*). *Agronomía Colombiana*, 34(1Supl), S890-S892.
- Andre, C. M., Ghislain, M., Bertin, P., Oufir, M., del Rosario Herrera, M., Hoffmann, L., . . . Evers, D. (2007). Andean potato cultivars (*Solanum tuberosum* L.) as a source of antioxidant and mineral micronutrients. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(2), 366-378.
- Andújar, C. y Fincias, A. (2009). Nutrición y salud. *SEMERGEN-Medicina De Familia*, 35(9), 443-449.
- AOAC. (1997). *Official Method of Analysis 985.35. Minerals in Infant Formula, Enteral Products, and Pet Foods* (18th Edition ed. Vol. Cap 50).
- AOAC. (2005). *Official Method of Analysis 999.10. Lead, Cadmium, Zinc Copper, and Iron in Foods* (18th Edition ed. Vol. Cap 9).
- Aranda Ramírez, P., Planells del Pozo, E. M. y Llopis González, J. (2000). Magnesio.
- Badui, S. (2014). Química de los Alimentos. In P. Educacion (Ed.), *Química de los Alimentos* (Cuarta ed., pp. 507-543). México, DF.
- Blekas, G. (2016). Food Additives: Classification, Uses and Regulation.
- Brown, C., Wrolstad, R., Durst, R., Yang, C.-P. y Clevidence, B. (2003). Breeding studies in potatoes containing high concentrations of anthocyanins. *American Journal of potato research*, 80(4), 241-249.
- Calliope, S. R., Lobo, M. O. y Sammán, N. C. (2018). Biodiversity of Andean potatoes: Morphological, nutritional and functional characterization. *Food Chemistry*, 238, 42-50.
- Caruso, M. C., Galgano, F., Colangelo, M. A., Condelli, N., Scarpa, T., Tolve, R. y Favati, F. (2017). Evaluation of the oxidative stability of bakery products by OXITEST method and sensory analysis. *European Food Research and Technology*, 243(7), 1183-1191.

- Casp Vanaclocha, A. y Abril Requeña, J. (1998). *Procesos de conservación de alimentos*: Mundi-Prensa.
- Castañeda-Ovando, A., de Lourdes Pacheco-Hernández, M., Páez-Hernández, M. E., Rodríguez, J. A. y Galán-Vidal, C. A. (2009). Chemical studies of anthocyanins: A review. *Food Chemistry*, 113(4), 859-871.
- Ezekiel, R., Singh, N., Sharma, S. y Kaur, A. (2013). Beneficial phytochemicals in potato—a review. *Food Research International*, 50(2), 487-496.
- FAO. (2009). Nueva luz sobre un tesoro enterrado: Año Internacional De La Papa 2008. *Reseña De Fin De Año: Stylus Pub Llc*.
- Fernández, J. (2018). *Extracción enzimática del aceite de Moringa (Moringa oleífera) con Prensa-Expeller y determinación de su tiempo de vida en anaquel*. (Tesis de Grado), Universidad Nacional Agraria, Lima - Perú.
- Fillion, L. y Henry, C. (1998). Nutrient losses and gains during frying: a review. *International journal of food sciences and nutrition*, 49(2), 157-168.
- Garzón, G. y Wrolstad, R. (2001). The stability of pelargonidin-based anthocyanins at varying water activity. *Food Chemistry*, 75(2), 185-196.
- Giusti, M. M. y Wrolstad, R. E. (2001). Characterization and measurement of anthocyanins by UV-visible spectroscopy. *Current protocols in food analytical chemistry*.
- Gould, W. A. (1999). *Potato production, processing and technology*: Elsevier.
- Jackman, R. L., Yada, R. Y., Tung, M. A. y Speers, R. (1987). Anthocyanins as food colorants—a review. *Journal of Food Biochemistry*, 11(3), 201-247.
- Jiménez, S. (2008). Nutrición y salud. *Nutrición Básica.*, 1, 1-9.
- Katz, E. y Labuza, T. (1981). Effect of water activity on the sensory crispness and mechanical deformation of snack food products. *Journal of Food Science*, 46(2), 403-409.
- Kita, A., Bąkowska-Barczak, A., Hamouz, K., Kułakowska, K. y Lisińska, G. (2013). The effect of frying on anthocyanin stability and antioxidant activity of crisps from red-and purple-fleshed potatoes (*Solanum tuberosum* L.). *Journal of food composition and analysis*, 32(2), 169-175.

- Kita, A., Bąkowska-Barczak, A., Lisińska, G., Hamouz, K. y Kułakowska, K. (2015). Antioxidant activity and quality of red and purple flesh potato chips. *LWT-Food Science and Technology*, 62(1), 525-531.
- Labuza, T. P. (1982). *Shelf-life dating of foods*: Food & Nutrition Press, Inc.
- Lachman, J., Hamouz, K., Musilová, J., Hejtmánková, K., Kotíková, Z., Pazderů, K., . . . Cimr, J. (2013). Effect of peeling and three cooking methods on the content of selected phytochemicals in potato tubers with various colour of flesh. *Food Chemistry*, 138(2), 1189-1197.
- Lindsay, R. y Jang, S. (2005). Chemical intervention strategies for substantial suppression of acrylamide formation in fried potato products. *Chemistry and safety of acrylamide in food*, 393-404.
- Mastrocola, N., Pino, G., Mera, X., Rojano, P., Haro, F., Rivadeneira Ruales, J. E., . . . Cuesta Subía, H. X. (2016). Catálogo de variedades de papa del Ecuador.
- Mathlouthi, M. (2001). Water content, water activity, water structure and the stability of foodstuffs. *Food control*, 12(7), 409-417.
- Matz, S. A. (2012). *Snack food technology*: Springer Science & Business Media.
- Millán, E. y Abadía, A. (1981). *Comparacion de distintos procedimientos analíticos para la determinacion de Ca, Mg, Fe, Mn Cu y Zn en material vegetal*. Paper presented at the Anales-Estacion Experimental de Aula Dei.
- Monteros, C., Cuesta, X., Jiménez, J. y López, G. (2005). *Las papas nativas en el Ecuador*. INIAP Archivo Historico.
- Monteros, C. y Reinoso, I. (2010). Biodiversidad y oportunidades de mercado para las papas nativas ecuatorianas. *PAPANAT 2010*.
- Monteros, C., Yumisaca, F., Tello, C., Montesdeoca, L., Reinoso, I., Garófalo, J., . . . Cuesta, X. (2011). INIAP-Puca Shungo: Variedad para consumo en fresco y procesado.
- Pallo, E. (2014). *Evaluación de tres tecnologías para producción de papas nativas variedades (I-Puca shungo e I-Yana shungo) para uso industrial*. (Tesis de Maestría), Universidad Técnica de Ambato.
- Pedreschi, F., Kaack, K., Granby, K. y Troncoso, E. (2007). Acrylamide reduction under different pre-treatments in French fries. *Journal of food engineering*, 79(4), 1287-1294.
- Rahman, M. S. y Labuza, T. P. (1999). Water activity and food preservation. *Handbook of food preservation*, 339-382.

- Ramírez, J. (2012). *Análisis sensorial: pruebas orientadas al consumidor*. Revista ReCiTeIA.
- Saguy, I. S. y Dana, D. (2003). Integrated approach to deep fat frying: engineering, nutrition, health and consumer aspects. *Journal of food engineering*, 56(2), 143-152.
- Serrano, R. (2003). *Introducción al análisis de datos experimentales: Tratamiento de datos de bioensayos.*: España: Universitat Jaume.
- Singh, J. y Kaur, L. (2016). *Advances in potato chemistry and technology*: Academic press.
- Spooner, D. (2013). Solanum tuberosum (Potatoes). *USDA Agriculture Research Service, University of Wisconsin, Madison*. Pp, 481-483.
- Suárez, S., Ale, N., Trabucco, J. y Sanabria, O. (2014). Polifenoles, micronutrientes minerales y potencial antioxidante de papas nativas. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 80(2), 108-114.
- Suaterna, A. (2009). La fritura de los alimentos: el aceite de fritura. *Perspectivas en Nutrición Humana*, 11(1), 39-53.
- Untuña, P. (2013). *Estudio del efecto de la fritura al vacío sobre los atributos de calidad de chips de papa nativa*. (Tesis de Grado), Universidad Tecnológica Equinoccial.
- Yin, L., Chen, T., Li, Y., Fu, S., Li, L., Xu, M. y Niu, Y. (2016). A Comparative Study on Total Anthocyanin Content, Composition of Anthocyanidin, Total Phenolic Content and Antioxidant Activity of Pigmented Potato Peel and Flesh. *Food Science and Technology Research*, 22(2), 219-226.

ANEXOS

ANEXO A. Datos obtenidos

Tabla 11. Concentración de Antocianinas Totales en papa nativa *Puca Shungo* fresca, control y tratamientos

| Tratamiento | AT (mg/100 g)* |
|-------------------------|----------------|
| Control inicial | 41,43 ± 0,53 |
| Control de tratamientos | 38,43 ± 0,43 |
| T1 | 31,34 ± 1,34 |
| T2 | 30,30 ± 1,43 |
| T3 | 25,96 ± 0,45 |
| T4 | 22,94 ± 0,78 |
| T5 | 37,44 ± 0,26 |
| T6 | 32,62 ± 0,42 |
| T7 | 27,99 ± 1,51 |
| T8 | 27,36 ± 0,44 |

* $\bar{x} \pm \sigma$ correspondiente a los tratamientos por triplicado.

Tabla 12. Pérdida de AT (%) en papa nativa *Puca Shungo* control y tratamientos

| Tratamiento | Pérdida de AT* |
|-------------------------|----------------|
| Control inicial | 0% |
| Control de tratamientos | 7% |
| T1 | 24% |
| T2 | 27% |
| T3 | 37% |
| T4 | 45% |
| T5 | 10% |
| T6 | 21% |
| T7 | 32% |
| T8 | 34% |

* $\bar{x} \pm \sigma$ correspondiente a los tratamientos por triplicado.

Tabla 13. Concentración de micronutrientes (Fe, Mg y Ca) en papa nativa *Puca Shungo* fresca, control y tratamientos.

| Tratamiento | Concentración de micronutrientes ($\mu\text{g/g}$)* | | |
|-------------------------|---|---------------------|--------------------|
| | Fe | Mg | Ca |
| Control inicial | 90,54 \pm 7,85 | 1032,09 \pm 18,59 | 690,52 \pm 7,84 |
| Control de tratamientos | 39,03 \pm 2,56 | 1000,38 \pm 43,29 | 606,90 \pm 53,50 |
| T1 | 19,48 \pm 1,79 | 683,53 \pm 46,19 | 355,99 \pm 31,12 |
| T2 | 17,72 \pm 0,45 | 479,53 \pm 5,55 | 341,98 \pm 16,97 |
| T3 | 18,16 \pm 0,09 | 719,57 \pm 5,74 | 465,72 \pm 4,40 |
| T4 | 17,35 \pm 0,68 | 588,93 \pm 15,14 | 395,82 \pm 8,96 |
| T5 | 20,03 \pm 0,23 | 796,26 \pm 37,45 | 489,79 \pm 3,11 |
| T6 | 10,97 \pm 0,53 | 344,63 \pm 0,90 | 330,32 \pm 9,93 |
| T7 | 29,31 \pm 0,49 | 918,78 \pm 32,51 | 566,34 \pm 13,62 |
| T8 | 12,31 \pm 0,80 | 413,78 \pm 3,10 | 346,96 \pm 5,26 |

* $\bar{x} \pm \sigma$ correspondiente a los tratamientos por triplicado.

Tabla 14. Pérdida (%) de micronutrientes (Fe, Mg y Ca) en papa nativa *Puca Shungo*.

| Tratamiento | Pérdida de micronutrientes (%) | | |
|-------------------------|--------------------------------|-------------|-------------|
| | Fe Promedio | Mg Promedio | Ca Promedio |
| Control inicial | 0% | 0% | 0% |
| Control de tratamientos | 57% | 3% | 12% |
| T1 | 78% | 34% | 48% |
| T2 | 80% | 54% | 50% |
| T3 | 80% | 30% | 33% |
| T4 | 81% | 43% | 43% |
| T5 | 78% | 23% | 29% |
| T6 | 88% | 67% | 52% |
| T7 | 67% | 11% | 18% |
| T8 | 86% | 60% | 50% |

$\bar{x} \pm \sigma$ correspondiente a los tratamientos por triplicado.

Tabla 15. Valores de la evaluación sensorial del mejor tratamiento.

| Característica sensorial | Valoración |
|--------------------------|-----------------|
| Color | 4,45 \pm 0,60 |
| Olor | 4,25 \pm 0,79 |
| Sabor | 4,50 \pm 0,76 |
| Textura | 4,30 \pm 0,86 |
| Aceptabilidad | 4,65 \pm 0,49 |

$\bar{x} \pm \sigma$ correspondiente a las cataciones por triplicado.

ANEXO B. Analisis estadístico

Tabla 16. Análisis de Varianza de la concentración de AT de las hojuelas de papa nativa *Puca Shungo* con y sin cáscara tratadas con PAS al 0,5 % por 30 min y AA al 0,8 % por 60 min, crudas y fritas.

| Fuente | Suma de Cuadrados | GI | Cuadrado Medio | Razón-F | Valor-P |
|--------------------------|-------------------|-----------|----------------|---------|---------|
| EFECTOS | | | | | |
| PRINCIPALES | | | | | |
| A:Acidificación | 282,563 | 1 | 282,563 | 275,35 | 0,0000 |
| B:Presentación | 82,8445 | 1 | 82,8445 | 80,73 | 0,0000 |
| C:Procesamiento | 34,0102 | 1 | 34,0102 | 33,14 | 0,0000 |
| D:Replicas | 0,371858 | 2 | 0,185929 | 0,18 | 0,8362 |
| INTERACCIONES | | | | | |
| AB | 1,45534 | 1 | 1,45534 | 1,42 | 0,2535 |
| AC | 1,8205 | 1 | 1,8205 | 1,77 | 0,2042 |
| BC | 0,738504 | 1 | 0,738504 | 0,72 | 0,4105 |
| ABC | 14,3067 | 1 | 14,3067 | 13,94 | 0,0022 |
| RESIDUOS | 14,3667 | 14 | 1,0262 | | |
| TOTAL (CORREGIDO) | 432,478 | 23 | | | |

Tabla 17. Pruebas de Múltiple Rangos para Antocianinas Totales por Acidificación - Método: 95,0 porcentajes Tukey HSD

| Acidificación | Casos | Media LS | Sigma LS | Grupos Homogéneos |
|---------------|-------|----------|----------|-------------------|
| b1 | 12 | 26,0633 | 0,292432 | b |
| b0 | 12 | 32,9258 | 0,292432 | a |

Tabla 18. Pruebas de Múltiple Rangos para Antocianinas Totales por Presentación - Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

| Presentación | Casos | Media LS | Sigma LS | Grupos Homogéneos |
|--------------|-------|----------|----------|-------------------|
| a0 | 12 | 27,6367 | 0,292432 | b |
| a1 | 12 | 31,3525 | 0,292432 | a |

Tabla 19. Pruebas de Múltiple Rangos para Antocianinas Totales por Procesamiento - Método: 95,0 porcentajes Tukey HSD

| Procesamiento | Casos | Media LS | Sigma LS | Grupos Homogéneos |
|---------------|-------|----------|----------|-------------------|
| c1 | 12 | 28,3042 | 0,292432 | a |
| c0 | 12 | 30,685 | 0,292432 | b |

Tabla 20. Análisis de Varianza de Nutrientes Minerales ($\mu\text{g/g}$) de las hojuelas de papa nativa *Puca Shungo* con y sin cáscara tratadas con PAS al 0,5 % por 30 min y AA al 0,8 % por 60 min, crudas y fritas.

| Fuente | Suma de Cuadrados | Gl | Cuadrado Medio | Razón-F | Valor-P |
|---------------------|-------------------|----|----------------|---------|---------|
| EFECTOS PRINCIPALES | | | | | |
| A:Acidificación | 136263, | 1 | 136263, | 310,00 | 0,0000 |
| B:Presentación | 11574,7 | 1 | 11574,7 | 26,33 | 0,0002 |
| C:Procesamiento | 1,19169E6 | 1 | 1,19169E6 | 2711,08 | 0,0000 |
| D:Replicas | 512,19 | 2 | 256,095 | 0,58 | 0,5714 |
| INTERACCIONES | | | | | |
| AB | 52,8067 | 1 | 52,8067 | 0,12 | 0,7340 |
| AC | 3965,0 | 1 | 3965,0 | 9,02 | 0,0095 |
| BC | 331637, | 1 | 331637, | 754,47 | 0,0000 |
| ABC | 7310,85 | 1 | 7310,85 | 16,63 | 0,0011 |
| RESIDUOS | 6153,86 | 14 | 439,562 | | |
| TOTAL (CORREGIDO) | 1,68916E6 | 23 | | | |

Tabla 21. Pruebas de Múltiple Rangos para Micronutrientes Minerales por Acidificación - Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

| Acidificación | Casos | Media LS | Sigma LS | Grupos Homogéneos |
|---------------|-------|----------|----------|-------------------|
| b0 | 12 | 972,558 | 6,05228 | b |
| b1 | 12 | 1123,26 | 6,05228 | a |

Tabla 22. Pruebas de Múltiple Rangos para Micronutrientes Minerales por Presentación - Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

| Presentación | Casos | Media LS | Sigma LS | Grupos Homogéneos |
|--------------|-------|----------|----------|-------------------|
| a0 | 12 | 1025,95 | 6,05228 | b |
| a1 | 12 | 1069,87 | 6,05228 | a |

Tabla 23. Pruebas de Múltiple Rangos para Micronutrientes Minerales por Procesamiento - Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

| Procesamiento | Casos | Media LS | Sigma LS | Grupos Homogéneos |
|---------------|-------|----------|----------|-------------------|
| c1 | 12 | 825,077 | 6,05228 | a |
| c0 | 12 | 1270,74 | 6,05228 | b |

Tabla 24. Pruebas de Múltiple Rangos para Micronutrientes Minerales por Tratamientos - Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

| Tratamientos | Casos | Media LS | Sigma LS | Grupos Homogéneos |
|--------------|-------|----------|----------|-------------------|
| T6 | 3 | 685,927 | 12,1046 | g |
| T8 | 3 | 773,047 | 12,1046 | f |
| T2 | 3 | 839,233 | 12,1046 | e |
| T4 | 3 | 1002,1 | 12,1046 | d |
| T1 | 3 | 1058,99 | 12,1046 | d |
| T3 | 3 | 1203,46 | 12,1046 | c |
| T5 | 3 | 1306,08 | 12,1046 | b |
| T7 | 3 | 1514,42 | 12,1046 | a |

Tabla 25. Pruebas de Múltiple Rangos para Antocianinas Totales por Tratamientos - Método: 95,0 porcentajes Tukey HSD

| Tratamientos | Casos | Media LS | Sigma LS | Grupos Homogéneos |
|--------------|-------|----------|----------|-------------------|
| T4 | 3 | 22,94 | 0,584863 | e |
| T3 | 3 | 25,9633 | 0,584863 | d |
| T8 | 3 | 27,3567 | 0,584863 | d |
| T7 | 3 | 27,9933 | 0,584863 | dc |
| T2 | 3 | 30,3033 | 0,584863 | cb |
| T1 | 3 | 31,34 | 0,584863 | b |
| T6 | 3 | 32,6167 | 0,584863 | b |
| T5 | 3 | 37,4433 | 0,584863 | a |

Tabla 26. Pruebas de Múltiple Rangos para Micronutrientes Minerales por Tratamientos - Método: 95,0 porcentajes Tukey HSD

| Tratamientos | Casos | Media LS | Sigma LS | Grupos Homogéneos |
|--------------|-------|----------|----------|-------------------|
| T6 | 3 | 685,927 | 14,9832 | g |
| T8 | 3 | 773,047 | 14,9832 | f |
| T2 | 3 | 839,233 | 14,9832 | f |
| T4 | 3 | 1002,1 | 14,9832 | e |
| T1 | 3 | 1058,99 | 14,9832 | e |
| T3 | 3 | 1203,46 | 14,9832 | d |
| T5 | 3 | 1306,08 | 14,9832 | c |
| T7 | 3 | 1514,42 | 14,9832 | b |
| Control | 3 | 1709,72 | 14,9832 | a |

Tabla 27. Pruebas de Múltiple Rangos para Antocianinas Totales por Tratamientos - Método: 95,0 porcentajes Tukey HSD

| Tratamientos | Casos | Media LS | Sigma LS | Grupos Homogéneos |
|--------------|-------|----------|----------|-------------------|
| T4 | 3 | 22,94 | 0,558386 | e |
| T3 | 3 | 25,9633 | 0,558386 | d |
| T8 | 3 | 27,3567 | 0,558386 | d |
| T7 | 3 | 27,9933 | 0,558386 | dc |
| T2 | 3 | 30,3033 | 0,558386 | cb |
| T1 | 3 | 31,34 | 0,558386 | b |
| T6 | 3 | 32,6167 | 0,558386 | b |
| T5 | 3 | 37,4433 | 0,558386 | a |
| Control | 3 | 38,4333 | 0,558386 | a |

ANEXO C. Diagrama de flujo

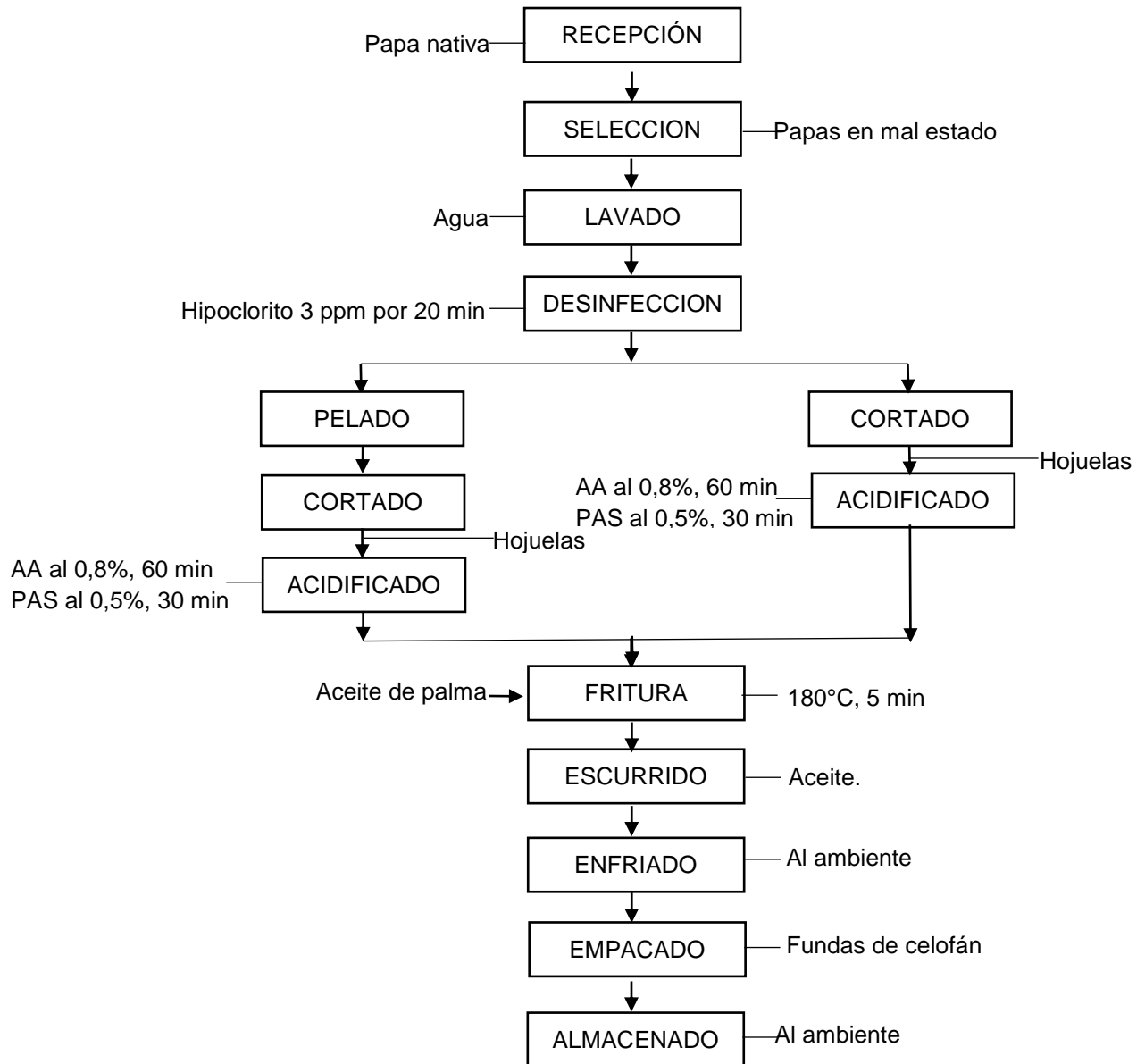


Figura 14. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de hojuelas fritas de papa nativa de la variedad *Puca Shungo*.

ANEXO D. Hoja de cata

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS

Nombre del catador(a):.....

Fecha:.....

Instrucciones: Marque con una x el punto que mejor describa su sentido acerca de la muestra.

| Característica | Alternativa | Muestra |
|----------------|-----------------------------|---------|
| Color | 1.- Muy desagradable | |
| | 2.- Desagradable | |
| | 3.- Ni agrada, ni desagrada | |
| | 4.- Agradable | |
| | 5.- Muy agradable | |
| Olor | 1.- Muy desagradable | |
| | 2.- Desagradable | |
| | 3.- Ni agrada, ni desagrada | |
| | 4.- Agradable | |
| | 5.- Muy agradable | |
| Sabor | 1.- Muy desagradable | |
| | 2.- Desagradable | |
| | 3.- Ni agrada, ni desagrada | |
| | 4.- Agradable | |
| | 5.- Muy agradable | |
| Aceptabilidad | 1.- Muy desagradable | |
| | 2.- Desagradable | |
| | 3.- Ni agrada, ni desagrada | |
| | 4.- Agradable | |
| | 5.- Muy agradable | |
| Textura | 1.- Muy desagradable | |
| | 2.- Desagradable | |
| | 3.- Ni agrada, ni desagrada | |
| | 4.- Agradable | |
| | 5.- Muy agradable | |

Comentarios sobre la muestra:

.....
.....
.....

ANEXO E. Fotografías



Figura 15. Rebanado de papa en hojuelas



Figura 16. Lavado de hojuelas para eliminar el almidón



Figura 17. Inmersión en las soluciones ácidas



Figura 18. Fritura de hojuelas



Figura 19. Enfriamiento de hojuelas tratadas



Figura 20. Secado de muestras para análisis físico-químicos



Figura 21. Agitación de muestras en buffers para determinación de AT



Figura 22. Digestión ácida de muestras para determinación de minerales



Figura 23. Determinación de la vida útil de hojuelas fritas con cáscara tratadas con PAS (OXITEST)



Figura 24. Determinación de aw de hojuelas fritas (AQUALAB)



Figura 25. Evaluación sensorial de hojuelas fritas tratadas con PAS