








Efecto de soluciones ácidas orgánicas sobre las propiedades colorimétricas y fisicoquímicas en cuatro variedades de papa deshidratada

Effect of Organic Acid Solutions on the Colorimetric and Physicochemical Properties of Four Dehydrated Potato Varieties

Whany Quispe Chambi¹, Severo Huaquipaco Encinas¹, Eneida Lilia Condor Quinte¹,
Erick Saul Toque Encinas², Constantin Mamani Mamani³

¹Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica, Perú

²Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú

³Colegio de Alto Rendimiento, Cusco, Perú

Autor de correspondencia:

Whany Quispe Chambi 

Historial del artículo:

Recibido el 6 de abril de 2025 | Aceptado el 16 de mayo de 2025 | Publicado el 20 de junio de 2025

RESUMEN

La papa de descarte es un alimento muy consumido, el pardeamiento es el principal problema, la deshidratación es una de las principales técnicas para prolongar su vida útil mejorando su conservación y transporte. El objetivo de la investigación es evaluar el impacto de soluciones ácidas orgánicas sobre las propiedades colorimétricas, fisicoquímicas y rendimiento de la papa deshidratada. Los métodos aplicados se basan en la Inmersión en soluciones de ácidos orgánicos (cítrico, acético y ascórbico) a 3.5 de pH, precocinados por 5 minutos y deshidratado a 60°C por 8 horas según el tamaño de corte de las muestras analizadas. Los resultados fueron determinados por el diseño experimental de comparación entre grupos por mediana y varianza. Como parámetros ópticos de color en croma C* existen diferencias marginales según las soluciones aplicadas con ($p=0.0698$), la tonalidad tuvo efecto significativo de ($p=0.024$) según la solución, en cuanto a los parámetros Fisicoquímicos la solución no presenta efecto significativo, pero la variedad de papa si presenta significancia de ($p<0.001$) en todas las propiedades, los resultados de rendimiento muestran que existe un nivel de significancia según la variedad de papa, siendo el mejor Ajo Suito con más del 35 %. Se concluye que existe efecto marginal en la cromaticidad y efecto significativo por las soluciones ácidas en la tonalidad, donde ácido acético a pH de 3.5. tuvo mejor efecto, para las propiedades Fisicoquímicas las soluciones ácidas no tuvieron efecto significativo, al evaluar el rendimiento fue significativo por la variedad de papa y no fue afectado por la aplicación de soluciones ácidas.

Palabras clave: ácidos orgánicos; colorimétrico; deshidratado; fisicoquímicas; papa.

ABSTRACT

Waste potatoes are a widely consumed food; browning is the main problem; dehydration is one of the main techniques to prolong their shelf life by improving their conservation and transportation. The objective of the research is to evaluate the impact of organic acid solutions on the colorimetric, physicochemical properties, and yield of dehydrated potatoes. The methods applied are based on immersion in organic acid solutions (citric, acetic, and ascorbic) at a pH of 3.5, precooked for 5 minutes, and dehydrated at 60°C for 8 hours depending on the cut size of the samples analyzed. The results were determined by the experimental design of comparison between groups by median and variance. As optical parameters of color in chroma C * there are marginal differences according to the solutions applied with ($p = 0.0698$), the tonality had a significant effect of ($p = 0.024$) depending on the solution, as for the Physicochemical parameters the solution does not present a significant effect, but the potato variety does present a significance of ($p < 0.001$) in all properties, the yield results show that there is a level of significance according to the potato variety, the best being Ajo Suito with more than 35 %. It is concluded that there is a marginal effect on chromaticity and a significant effect by acid solutions on the tonality, where acetic acid at pH 3.5 had the best effect, for the Physicochemical properties the acid solutions had no significant effect, when evaluating the yield it was significant by the potato variety and was not affected by the application of acid solutions.

Keywords: organic acids; colorimetric; dehydrated; physicochemical; potato.

INTRODUCCIÓN

La papa es uno de los alimentos más consumidos a nivel mundial, y su deshidratación es una de las principales técnicas para prolongar su vida útil, facilitar su conservación y transporte. Sin embargo, el proceso de deshidratación puede ocasionar alteraciones significativas en las propiedades sensoriales y fisicoquímicas del producto final. Entre los cambios más relevantes, se encuentran la alteración del color, la textura y las características nutricionales. En particular, el color de la papa deshidratada es un factor crucial para la aceptación del consumidor, ya que el pardeamiento, tanto enzimático como no enzimático, es un indicador negativo de calidad.

El pardeamiento de la papa deshidratada es uno de los principales problemas que enfrentan los productores, ya que afecta directamente la apariencia del producto. Este fenómeno puede ser causado por la oxidación de compuestos fenólicos, que son catalizados por la enzima polifenoloxidasas. Una forma de mitigar este problema es mediante la aplicación de soluciones ácidas orgánicas, como el ácido cítrico, tartárico o láctico, que pueden reducir el pH y, por lo tanto, inactivar

la enzima responsable del pardeamiento. Sin embargo, el impacto de estos tratamientos sobre otras propiedades fisicoquímicas, como la textura, la capacidad de absorción de agua, la solubilidad de los sólidos solubles y el contenido de nutrientes, no ha sido suficientemente estudiado, especialmente en diferentes variedades de papa.

La falta de estudios que analicen el efecto de las soluciones ácidas orgánicas sobre las propiedades colorimétricas y fisicoquímicas de la papa deshidratada limita la capacidad de la industria para optimizar este proceso. Además, la variabilidad en las respuestas de diferentes variedades de papa ante estos tratamientos hace que sea necesario investigar cómo cada tipo de papa reacciona a estas soluciones y si realmente se pueden mejorar sus características sin comprometer otras cualidades deseables del producto. Por lo tanto, es fundamental realizar investigaciones que proporcionen datos claros sobre los efectos de estas soluciones ácidas, con el fin de desarrollar estrategias efectivas para mejorar la calidad de la papa deshidratada y satisfacer las exigencias del mercado.

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es uno de los cultivos más importantes a nivel

mundial, destacando por su valor nutricional y su capacidad de adaptación a diversas condiciones agroclimáticas (Turner, 2016). Es un alimento básico en muchas dietas debido a su versatilidad y bajo costo, particularmente en países en desarrollo, donde constituye una fuente significativa de calorías (Boutsika et al., 2022). Sin embargo, a pesar de sus beneficios, la papa experimenta alteraciones en su calidad, siendo el pardeamiento enzimático uno de los fenómenos más comunes. Este proceso, catalizado por enzimas como el polifenol oxidasa (PPO), afecta tanto las propiedades organolépticas como el valor nutricional de la papa, especialmente en productos mínimamente procesados, como la papa deshidratada (Borras, 2018; Hamdan et al., 2022).

El control del pardeamiento enzimático ha sido un desafío clave en la industria alimentaria. Tradicionalmente, se han empleado compuestos como los sulfitos, aunque su uso es limitado debido a sus efectos adversos sobre la salud de los consumidores (Boutsika et al., 2022). En este contexto, se han explorado soluciones ácidas orgánicas como el ácido cítrico y el ácido ascórbico como alternativas eficaces y más saludables. Estos ácidos han mostrado su capacidad para inhibir la actividad de la PPO, reduciendo así el pardeamiento de las papas (Hernández & Briceño, 2009). Además, estudios recientes han indicado que extractos vegetales ricos en antioxidantes, como los de perejil y verdolaga, también, pueden inhibir la actividad enzimática responsable del pardeamiento, ofreciendo opciones naturales y menos invasivas para la industria alimentaria (Liu et al., 2019).

En paralelo, la aplicación de tecnologías innovadoras como la ultrasonografía ha demostrado ser eficaz para mejorar la calidad y la vida útil de las papas deshidratadas. El tratamiento con ultrasonidos, en combinación con extractos vegetales como el de verdolaga, ha mostrado reducir la actividad de la PPO y otras enzimas, contribuyendo a mantener la frescura y la conservación del producto durante el almacenamiento (Zhu et

al., 2021). Asimismo, el uso de soluciones de lavado con compuestos como ácido aspártico y cloruro de sodio ha mostrado efectos positivos en la prevención del pardeamiento, al modular la actividad enzimática y preservar la integridad del producto durante su conservación (Feng et al., 2020; Ma et al., 2022).

La investigación sobre el control del pardeamiento enzimático y sus implicaciones en las propiedades colorimétricas y fisicoquímicas de la papa deshidratada ha ganado importancia en los últimos años. Los estudios han demostrado que los ácidos orgánicos pueden tener un impacto directo no solo en la inhibición del pardeamiento, sino también en la mejora de la apariencia visual y la retención de nutrientes, como la vitamina C (Sun et al., 2020). Además, se ha evidenciado que estos ácidos modifican la estructura del almidón en las papas, afectando su gelatinización y viscosidad, lo que puede influir en la textura final de los productos (Hung et al., 2017). Este enfoque, combinado con tecnologías como el uso de agua electrolizada ácida, también, ha mostrado ser eficaz en la reducción de la actividad de la PPO y en la mejora de las características colorimétricas de productos frescos de papa, manteniendo sus propiedades nutricionales (Giannakourou & Taoukis, 2021; Liu et al., 2021).

El objetivo del presente estudio es evaluar el efecto de las soluciones ácidas orgánicas sobre las propiedades colorimétricas, fisicoquímicas y rendimiento, en cuatro variedades de la papa deshidratada

La durabilidad de los alimentos es crucial para asegurar que sus características físicas, nutricionales, fisicoquímicas y microbiológicas, se mantengan intactas y no representen un riesgo para la salud. El tiempo de vida útil, determinado por la humedad final y un buen envasado determina su caducidad, siendo un indicador muy importante en la conservación de un alimento. Teniendo en cuenta que los productos de descarte, como la papa en los mercados son desechados, pudiéndose aprovechar aún como alimento

con valor agregado y aplicación de técnicas agroindustriales para el consumo humano, un procesado con tecnologías suaves sin químicos y con mínimo impacto térmico.

Muñoz (2014) menciona que la papa es nutritiva, relativamente baja en calorías, prácticamente libre de grasas y colesterol. Es alta en potasio y vitamina C, la cual tiene una capacidad de combatir resfríos y gripes.

La papa es una fuente importante de almidón, lo que la convierte en una buena fuente de energía. Los carbohidratos son esenciales para prevenir la fatiga y los desequilibrios nutricionales, y la papa ofrece una alternativa con menos calorías y grasas en comparación con otras fuentes como el arroz, el pan y la pasta.

En países en desarrollo como el Perú, la alta competencia de productos importados, tanto frescos como procesados, exige un aumento en la producción nacional de alimentos. Esto implica impulsar la agroindustria mediante el aprovechamiento de materias primas vegetales, fortaleciendo así la cadena agroalimentaria nacional. En este contexto, es crucial revalorizar los productos andinos, dedicando mayor atención a su cultivo, consumo e industrialización. La papa, un tubérculo energético y de fácil digestión, ideal para personas con problemas gástricos, hepáticos o intestinales, también, aporta un porcentaje significativo de calcio para la salud ósea (FAO, 2008). De ahí, la relevancia de estudiar la deshidratación de la papa de descarte del mercado de Acobamba, buscando un producto final inocuo y confiable para el consumo, así como buenas características de color y textura.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los procesos de la investigación, los análisis de color y fisicoquímicos se desarrollaron en las instalaciones del laboratorio de Frutas y hortalizas, la evaluación de rendimiento se realizó en el laboratorio de análisis de composición de productos de la Escuela Profesional de

Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de Huancavelica, filial Acobamba.

Las muestras para el presente estudio fueron cuatro variedades de papa de descarte (Ajo suytu, Amarilla runtush, Peruanita, Saqta mati), adquiridas de la zona de Pomavilca ubicado en el distrito de Acobamba, Provincia de Acobamba, Departamento de Huancavelica, las mismas que se presentaron en dados de 1*1cm de cada lado, previamente lavado, desinfectado y cortado en dados, colocados en soluciones de ácidos orgánicos de pH controlado, con el objeto de conservar el color de la muestra fresca. Teniendo como variables de estudio 4 variedades de papa, cuatro diferentes soluciones de ácidos orgánicos a 3.5 de pH, con tratamiento de precocción de 5 min cada muestra y por un tiempo de deshidratación de 8 horas a 60 °C. Para la evaluación de los tratamientos, el diseño experimental utilizado fue de comparación entre grupos por mediana y varianza.

La determinación de la característica óptica cromáticas está definida por la escala CIELab L^* , a^* y b^* , mostrados en la Figura 1. las puntuaciones obtenidas se utilizaron para calcular magnitudes derivadas que son la croma (C^*) y un ángulo de tono (H^*) según las ecuaciones.

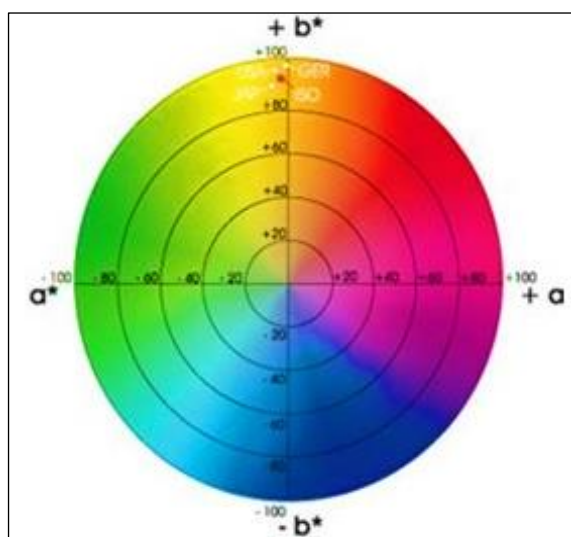


Figura 1. Escala cromática L^* , a^* y b^*

Ecuaciones:

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

$$\text{Hue Angle (H}^*) = \arctg(b^*/a^*) \times (360^\circ/2\pi \times 14).$$

La concentración de sólidos solubles se determinó con el Refractómetro digital ATAGO PAL-1, dentro del rango de 0 a 53° Brix, por análisis directo a la célula de medición de acero inoxidable y prisma.

El contenido de humedad fue realizado según el método de estufa, utilizando el peso inicial y peso final para la determinación empleando la ecuación.

Los equipos y materiales empleados en el desarrollo del estudio fueron:

1. Colorímetro de precisión NR10QC, 5V= 2A, modelo 3nh, longitud de onda entre 100 a 700 nm.
2. Refractómetro digital ATAGO PAL-1, Rango: 0 – 53 % de grados Brix.
3. Termómetro de punzón, Rango -50°C +/- 300°C.
4. Penetrómetro manual, modelo Fruit hardness tester FHT-15.
5. Deshidratador KRETOR, capacidad 8 Kg, 8 bandejas, potencia 400W, corriente 220V, tiempo 30 minutos a 24 horas.
6. pH metro de sensor manual, rango 0.00-14.00, rango de temperatura 0°C-50°C, modelo PH818 Smart,
7. Matraz erlenmeyer marca pyrex, material de vidrio de capacidad 250ml.
8. Pipetas de vidrio graduadas, con capacidad de: 0.5ml, 1ml, 5ml y 10ml.
9. Vaso de precipitado marca pyrex, material de vidrio de forma baja graduado, capacidad de 100ml y 200ml.
10. Balanza analítica, sensibilidad 0.0001g, capacidad máxima 2200g Marca Axiis

Para el estudio, los tratamientos que se consideraron se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Tratamientos evaluados

Tratamiento	Variedad	Solución
T1	Saqta mati	Ácido cítrico industrial
T2	Peruanita	Ácido cítrico industrial
T3	Ajo suyto	Ácido cítrico industrial
T4	Amarilla runtush	Ácido cítrico industrial
T5	Saqta mati	Ácido acético
T6	Peruanita	Ácido acético
T7	Ajo suyto	Ácido acético
T8	Amarilla runtush	Ácido acético
T9	Saqta mati	Ácido cítrico
T10	Peruanita	Ácido cítrico
T11	Ajo suyto	Ácido cítrico
T12	Amarilla runtush	Ácido cítrico
T13	Saqta mati	Ácido ascórbico
T14	Peruanita	Ácido ascórbico
T15	Ajo suyto	Ácido ascórbico
T16	Amarilla runtush	Ácido ascórbico

RESULTADOS

Determinación de las características cromáticas.

En la Figura 2, se muestra los resultados de las propiedades ópticas del color para las muestras de los 16 tratamientos, donde se observa valores para croma (C*) por variedades y la interacción con el tratamiento de los ácidos, presentan un efecto marginal ($p=0.0698$).

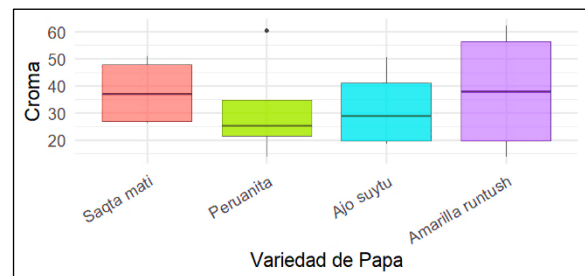


Figura 2. Croma de los tratamientos

En cuanto a los parámetros de ángulo de tono (H^* de la escala CIELab para las cuatro muestras y 16 tratamientos de papa deshidratada se aprecia en la Figura 3, en la cual se observa que se tiene un efecto significativo, por los tipos de soluciones que se emplearon en los tratamientos con ($p=0,024$).

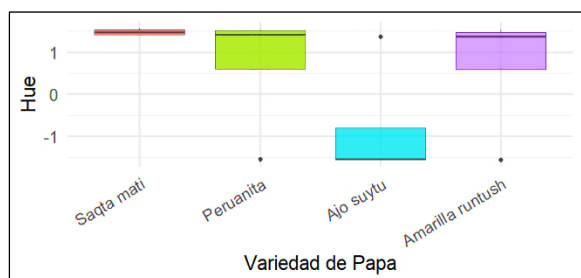


Figura 3. Ángulo de tono de los tratamientos

Determinación de características Físicoquímicas

Determinación de dureza

Cada boxplot representa la distribución de dureza para los 16 tratamientos, en el cual se observa en la Figura 4, con mayor dureza a la variedad de Ajo suytu con un nivel de significancia ($p = 3.54e-06$). y a la de menor dureza a la variedad Peruanita considerando los distintos tipos de ácido como parte del estudio.

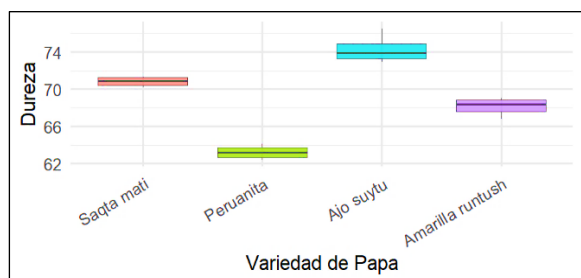


Figura 4. Dureza por variedad de papa y tipo de ácido

Evaluación de pH.

Podemos observar que, conforme aumenta la deshidratación, pasando de baja

a alta, el pH tiende a tener efecto en la variedad Ajo suytu con un nivel de confianza ($p = 9.53e-10$) de pH en la Figura 5, lo que significa el afecto de equilibrio ácido-base en esta variedad.

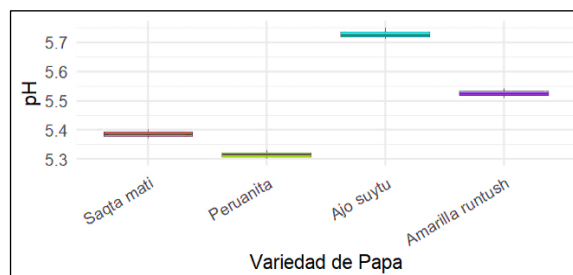


Figura 5. pH por variedad de papa y tipo de ácido

Determinación de °Brix

El °Brix tiende a concentrarse con la deshidratación en la variedad de Ajo suytu, entonces en la Figura 6, refiere que incrementa de sólidos solubles en la solución con un valor de significancia de ($p = 4.01e-11$).

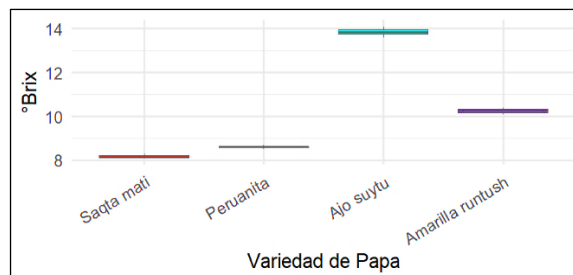


Figura 6. °Brix por variedad de papa y tipo de ácido

Determinación de Humedad

Se observa que la humedad disminuye conforme aumenta el nivel de deshidratación. En la Figura 7, existe el nivel de significancia de ($p = 2.05e-05$) en el factor ácido en el proceso de deshidratación con la variedad Ajo suytu, mientras que en el factor papa y papa: ácido, no se observaron.

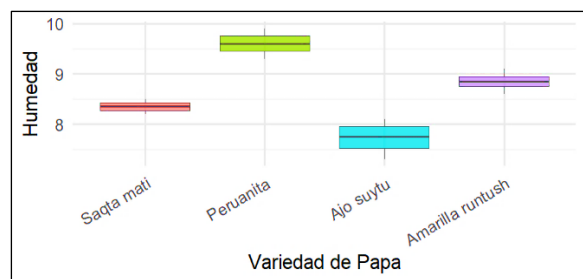


Figura 7. Humedad por variedad de papa y tipo de ácido

Determinación de rendimiento

Para evaluar el rendimiento de la producción de papa deshidratada, se realizó un análisis estadístico centrado en la cantidad de papa deshidratada obtenida por variedad de materia prima, en relación con los factores involucrados: variedad de papa (papa), tipo de ácido (ácido), y la interacción entre ambos (papa:ácido). Los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para este objetivo se presentan a continuación:

Tabla 2. Resumen sobre el rendimiento

Factor	dF	SS	MS	F-value	Pr(>F)	Significancia
Papa	1	455.80	35.097	35.097	6.99e-05	***
Ácido	1	0	0	0.001	0.982	No
Papa:ácido	1	0	0	0.000	0.988	No
Residuals	12	155.8	13.000			

Los resultados sugieren que el rendimiento de las papas deshidratadas, medido a través de sus propiedades fisicoquímicas y colorimétricas, depende principalmente de la variedad de papa. Es decir, las diferencias observadas en las características de las papas deshidratadas no se deben a las soluciones ácidas orgánicas ni a la interacción entre las papas y los ácidos aplicados.

Los ácidos utilizados, en este caso, no parece tener un impacto significativo en las propiedades estudiadas. Tampoco, se observa que la combinación entre la variedad de papa y el tipo de ácidos tenga un efecto

relevante en los resultados obtenidos. Estos hallazgos son importantes porque indican que la elección del ácido no es crucial para modificar las características fisicoquímicas y colorimétricas de las papas deshidratadas, lo que podría simplificar los procesos industriales y aumentar la eficiencia en la producción.

De acuerdo con los resultados obtenidos, el factor variedad de papa (papa) muestra una diferencia significativa con un p-value de 6.99e-05, lo que indica que la variedad de papa influye de manera considerable en la cantidad de papa deshidratada obtenida. En contraste, ni el tipo de ácido (ácido) ni la interacción entre la papa y el ácido (papa:ácido) presentan un efecto significativo sobre el rendimiento, con p-values de 0.982 y 0.988 respectivamente.

DISCUSIÓN

La variación del color depende del tratamiento que recibieron, así como de la temperatura de aplicación. Estos factores afectan notablemente el color de las muestras (Castro, 2009). Sin embargo, en el caso de los 16 tratamientos, podemos apreciar que el tratamiento de temperatura de deshidratación no influyó en el color una vez que el producto fue deshidratado, pero sí la variedad de las papas influye de manera significativa en el color.

En el caso de derivados de la papa, es natural que ocurran reacciones de oscurecimiento no enzimático, lo que determina en gran medida el color. Estos afectan la calidad del producto y representan un área importante de investigación, y tiene implicación en la estabilidad, así como aspectos relacionados con nutrición y salud (Manzocco et al., 2001; Van Boekel 1998). Durante los tratamientos térmicos, se muestran las diferencias. Lo mismo podemos afirmar en el caso de los tratamientos de las papas deshidratadas realizadas, teniendo en cuenta que la variabilidad influye directamente y las interacciones con las

soluciones ácidas controlaron el pardeamiento, influyendo significativamente en su variación de color. Con el estudio, se mostró que la naturaleza de los ácidos aplicados conserva mejor el color del producto terminado, lo que no fue lo mismo con el ácido industrial.

La variedad de papa tiene una influencia considerable en la cantidad de papa deshidratada obtenida, con un p-value de 6.99×10^{-5} , lo cual concuerda con investigaciones previas que han señalado que la variedad de papa afecta diversas propiedades de calidad y rendimiento en productos deshidratados. Por ejemplo, un estudio sobre la calidad de las papas fritas encontró que las diferentes variedades impactan la textura y el sabor, aunque no hubo diferencias significativas en el tiempo de blanqueo ni en la composición química entre las variedades (Kullkarni et al., 1994).

Además, se ha observado que la variedad de papa es un factor crucial para los atributos de la harina de batata, sugiriendo que la elección de la variedad es fundamental para optimizar tanto el rendimiento como la calidad del producto final (Olatunde et al., 2015). Por otro lado, el tipo de ácido y la interacción entre la variedad de papa y el ácido no tuvieron un impacto significativo en el rendimiento de la papa deshidratada, con p-values de 0.982 y 0.988, respectivamente.

Esto indica que, aunque los tratamientos ácidos pueden afectar ciertas características de la calidad, como la retención de vitamina C y el color, no influyen significativamente en el rendimiento de deshidratación en este caso específico. Este resultado coincide con estudios previos que han demostrado que la temperatura es el factor principal que afecta la tasa de secado de las papas, superando el efecto de los tratamientos con ácidos (Sun et al., 2020).

CONCLUSIONES

Se evaluó el color entre las cuatro variedades de papa. El análisis mostró un efecto marginal por la aplicación de los ácidos

en la cromaticidad, cuya tendencia fue variando, en cuanto a la tonalidad por acción de los ácidos orgánicos aplicados sí tuvo efecto significativo, siendo el mejor para estos parámetros ópticos, el ácido acético a pH de 3.5 por tiempo de 30 minutos, lo que se sugiere controlar por mayor tiempo.

Se logró determinar y caracterizar las propiedades fisicoquímicas de la papa deshidratada, sin influir significativamente entre las propiedades como: humedad, Brix, pH y dureza. Asimismo, el tipo de ácido tiene efecto significativo en las propiedades de pH ($p = 9$) de ácido y dureza con ($p = 3,54$) de ácido, mientras que las medidas que la variedad de papa y la interacción ácido-papa no son relevantes

Se evaluó el rendimiento de la producción de papa deshidratada, observando que depende significativamente de la variedad de papa. Factores como el contenido de almidón y la capacidad de retención de agua son determinantes en la cantidad final obtenida. En contraste, el tipo de ácido aplicado no afecta el rendimiento, ni la interacción entre la variedad de papa y el ácido. Por lo tanto, la variedad de papa es el factor clave, mientras que el ácido y su combinación con la variedad no influyen de manera significativa.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses para la publicación del presente artículo científico.

REFERENCIAS

- Borras VB. (2018). Inhibición Del Pardeamiento Enzimático En Patata Utilizando Extractos De Perejil. Universidad Pública de Navarra. Universidad Pública de Navarra. <https://tinyurl.com/2kiv4vt5>
- Boutsika A, Tanou G, Xanthopoulou A, Samiotaki M, Naniou-Obeidat I, Ganopoulos I, et al. (2021). Insights and advances in integrating multi-omic approaches for potato crop improvement.

- Sci Hort (Amsterdam) [Internet]. 2022;305(April):111387. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111387>
- Feng Y, Liu Q, Liu P, Shi J, Wang Q. (2020). Aspartic Acid Can Effectively Prevent the Enzymatic Browning of Potato by Regulating the Generation and Transformation of Brown Product. *Postharvest Biol Technol*;166(December 2019):111209. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2020.111209>
- Giannakourou MC, Taoukis PS. (2021). Effect of Alternative Preservation Steps and Storage on Vitamin C Stability in Fruit and Vegetable Products: Critical Review and Kinetic Modelling Approaches. *foods*;10: 2630.
- Hamdan N, Lee CH, Wong SL, Fauzi CENCA, Zamri NMA, Lee TH. (2022). Prevention of Enzymatic Browning by Natural Extracts and Genome-Editing: A Review on Recent Progress. *Molecules* 27(3):1-37. <https://doi.org/10.3390/molecules27031101>
- Hernández ME, Briceño B. L. (2009). Evaluación del pardeamiento enzimático durante el almacenamiento en congelación del puré de Palta (Persea americana Mill) Var. Hass. *An Científicos*;70(4):1-8. <https://doi.org/10.21704/ac.v70i4.537>
- Hung P Van, Thi N, Huong M, Thi N, Phi L. (2017). International Journal of Biological Macromolecules Physicochemical characteristics and in vitro digestibility of potato and cassava starches under organic acid and heat-moisture treatments. *Int J Biol Macromol*;95: 299-305. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2016.11.074>
- Kulkarni, K., Govinden, N., & Kulkarni, D. (1994). Crisp quality of two potato varieties: Effects of dehydration and rehydration. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 64, 205-210. <https://doi.org/10.1002/JSFA.2740640209>
- Liu X, Yang Q, Lu Y, Li Y, Li T, Zhou B, et al. (2019). Effect of purslane (*Portulaca oleracea* L.) extract on anti-browning of fresh-cut potato slices during storage. *Food Chem*;283(October 2018):445-53. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.058>
- Liu, Yu Z long, Sun Yin, Zhou S mei. (2021). The enzymatic browning reaction inhibition effect of strong acidic electrolyzed water on different parts of sweet potato slices. *Food Biosci*;43(May):101252. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101252>
- Ma Y, Wang H, Yan H, Malik AU, Dong T, Wang Q. (2021). Pre-cut NaCl solution treatment effectively inhibited the browning of fresh-cut potato by influencing polyphenol oxidase activity and several free amino acids contents. *Postharvest Biol Technol*;178(September 2020):111543. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2021.111543>
- Olatunde, G., Henshaw, F., Idowu, M., & Tomlins, K. (2015). Quality attributes of sweet potato flour as influenced by variety, pretreatment and drying method. *Food Science & Nutrition*, 4, 623-635. <https://doi.org/10.1002/fsn3.325>
- Sun X, Jin X, Fu N, Chen X. (2020). Effects of different pretreatment methods on the drying characteristics and quality of potatoes. *Food Sci Nutr - Wiley*; 1:1-9. [doi:10.1002/fsn3.1579](https://doi.org/10.1002/fsn3.1579)
- Sun, X., Jin, X., Fu, N., & Chen, X. (2020). Effects of different pretreatment methods on the drying characteristics and quality of potatoes. *Food Science & Nutrition*, 8, 5767-5775. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1579>
- Turner S. (2016). Potatoes and Related Crops. Role in the Diet. *Encycl Food Heal* 452-7. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00555-9>

Zhu Y, Du X, Zheng J, Wang T, You X, Liu H, et al. (2020). The effect of ultrasonic on reducing anti-browning minimum effective concentration of purslane extract on fresh-cut potato slices during storage. Food Chem; 343(October 2020):128401. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128401>