

Efecto del tiempo y temperatura de fritura en la humedad final y parámetros de color de hojuelas de oca (*Oxalis tuberosa*)

Effect of time and frying temperature on moisture and color parameters of oca chips (*Oxalis tuberosa*)

Yuliza Ruiz-Barboza^{1,a,*}, Yajaira M. Gavidia-Pérez^{1,b}, Frank F. Velásquez-Barreto^{1,c}

¹ Universidad Nacional Autónoma de Chota, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, Colpa Huacaris, Chota, Perú.

^a Ing., ✉ rbyuliza.03@gmail.com,  <https://orcid.org/0009-0000-3549-0642>

^b Ing., ✉ yajairagavidia10@gmail.com,  <https://orcid.org/0000-0002-7730-3531>

^c Ph.D., ✉ fvelasquez@unach.edu.pe,  <https://orcid.org/0000-0001-8954-9769>

* Autor de Correspondencia: Tel. +51 967898509

<http://doi.org/10.25127/riagrop.20252.1058>

<http://revistas.untrm.edu.pe/index.php/RIAGROP>
revista.riagrop@untrm.edu.pe

Recepción: 23 de enero 2025

Aprobación: 18 de marzo 2025

Este trabajo tiene licencia de Creative Commons.
Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0
International Public License – CC-BY-NC-SA 4.0



Resumen

Este estudio tuvo el objetivo de evaluar el efecto del tiempo y temperatura de fritura sobre la humedad y parámetros de color en hojuelas de oca. Se utilizaron oca amarilla y rosada procedente de Chota – Cajamarca, que se sometieron a tres temperaturas y cuatro tiempos de fritura. Los tubérculos de oca rosada presentaron un mayor contenido de humedad (81.32%) y azúcares reductores (2.03%) que la oca amarilla (78.28 % y 0.83% respectivamente); las hojuelas con bajos valores de la humedad final mostraron un mayor oscurecimiento. Los parámetros de color L* y b* se redujeron al incrementar el tiempo y temperatura de fritura; en cambio el parámetro a* se incrementó en las mismas condiciones. Las variaciones de los parámetros de color fueron mayores en las hojuelas de oca rosada debido al alto contenido de azúcares reductores y baja humedad final de las hojuelas fritas. Prolongados tiempos y altas temperaturas de fritura redujeron la humedad final y afectaron los parámetros de

color de hojuelas de oca y la diferencia en la composición química de cada variedad de oca influyó en la humedad final y parámetros de color de las hojuelas fritas.

Palabras claves: Hojuelas, color, azúcares reductores, fritura, temperatura.

Abstract

This study aimed to evaluate the effect of frying time and temperature on the final moisture and color parameters of oca chips. Yellow and pink oca from Chota, Cajamarca, were used and subjected to three temperatures and four frying times. Pink oca tubers showed higher moisture content (81.32%) and reducing sugars (2.03%) than yellow oca (78.28% and 0.83%, respectively); likewise, chips with low final moisture values showed higher browning color. For both oca chips, the color parameters L* and b* decreased with increasing frying time and temperature, but the parameter a* increased at the same conditions. The variations of color parameters were greater in pink oca chips due to the high content of reducing sugars and low final moisture of the fried chips. Long frying times and high frying temperatures reduced the final moisture and affected the color parameters of oca chips and the difference in chemical composition of each oca variety influenced the final moisture and color parameters of fried chips.

Keywords: Chips, color, reducing sugars, frying, temperature.

1. INTRODUCCIÓN

Los tubérculos andinos son cultivos originarios del altiplano peruano-boliviano, actualmente cultivados en Perú, Bolivia y Ecuador; dentro de la variabilidad de estos tubérculos se encuentra la papa, la oca, el olluco, la mashua, entre otros (Gerencia Regional de Agricultura-GRA, 2019). Estos tubérculos son consumidos sancochados, asados y fritos, pero también son utilizados como materia prima para la producción de derivados como harina, chuño, extracción de almidón, entre otros. Dentro de estos tubérculos encontramos a la oca (*Oxalis tuberosa*), la cual es cultivada y consumida en Ecuador, Perú, Bolivia, Chile, Argentina, Colombia y Venezuela (Ferro, 2021). Esta especie presenta resistencia a plagas y enfermedades, además presenta una mayor producción de tubérculos en comparación con la papa (Tapia *et al.*, 2007). Se caracteriza por su variabilidad de colores y sabores particulares (Morillo *et al.*, 2019), con

relación al color se tiene dos grupos, el primero cuyos colores varían del blanco al anaranjado y el segundo del rosado al negro, la pigmentación de estos últimos es un indicador de su alto contenido en compuestos bioactivos (Chuquilín *et al.*, 2020).

La oca es considerada la segunda tuberosa más importante después de la papa y es de suma importancia para la alimentación de las poblaciones indígenas, donde esta es consumida de forma cocida, frita, en puré y secado al sol; además su alto contenido de almidón convierte a este tubérculo en una excelente materia prima para su utilización en la industria alimentaria (Velásquez-Barreto *et al.*, 2021); es utilizado para la elaboración de néctar y confitados (Yenque *et al.*, 2008). Estudios sobre la caracterización nutricional de este tubérculo indican contenido alto de proteínas, fibra dietética, compuestos fenólicos, carotenoides y antocianinas en tubérculos de

oca de diversas coloraciones (Zhu & Cui, 2019; Campos *et al.*, 2006). Con respecto a la composición química proximal de esta especie, se ha reportado que los tubérculos presentan de 3.0-8.4% de proteínas, de 83.0-88.8% de carbohidratos, 0.5-0.6% de grasas, 1.9-3.5 % de ceniza, 80.2- 84.6% de humedad y de 368-374 cal/100 g de peso (King & Gershoff, 1987). Debido al alto contenido en materia seca de los tubérculos de oca, estos pueden ser utilizados para extracción de almidón y para el proceso de fritura, el cual es ampliamente aplicado en tubérculos de oca.

La fritura es uno de los métodos de cocción de alimentos más antiguo y popular; la fritura por inmersión es una técnica de cocción, que consiste en sumergir al alimento en grasa comestible calentada por encima del punto de ebullición del agua; estas condiciones dan lugar a altas tasas de transferencia de calor, cocción rápida, dorado, desarrollo de textura y sabor brindando a los alimentos fritos características organolépticas agradables como color, olor, sabor y textura (Vásquez & Aurora, 2022). Sin embargo, tiempos prolongados y altas temperaturas de fritura pueden influir de manera negativa en las características sensoriales del alimento y pueden generar sustancias químicas desagradables y tóxicas como la acrilamida. Por ello, es importante optimizar los tiempos y temperaturas de fritura a fin de reducir estos efectos negativos.

Durante el proceso de fritura se desarrollan coloraciones oscuras en los alimentos debido a la generación de productos del pardeamiento no enzimático que ocurre debido a la interacción entre azúcares reductores y aminoácidos presentes en los alimentos (Pedreschi *et al.*, 2007; Ujong *et al.*, 2023). El cambio de coloración de los productos fritos

puede medirse mediante análisis sensorial o mediante métodos colorimétricos, estos últimos pueden facilitar la medición al final del proceso de fritura o permitir el monitoreo de este proceso. Dentro de los métodos colorimétricos encontramos al utilizado por Commission Internacionale d'Eclairage (CIE), en cual los principales parámetros son: L* es el componente de luminosidad, que va de 0 a 100 (0 corresponde a negro y 100 corresponde a blanco), y los parámetros a* (de verde a rojo) y b* (de azul a amarillo) (Papadakis *et al.*, 2000; Pedreshi *et al.*, 2005). Estos parámetros pueden ser utilizados para medir los cambios de coloración de los productos fritos con relativa facilidad.

Las diferentes variedades de oca existente no son aprovechadas en la producción de derivados para la industria alimenticia, debido al desconocimiento en el procesamiento de alimentos. Esta investigación se hizo para demostrar el uso de estos tubérculos en la producción de hojuelas a fin de dar valor agregado y sea mejor aprovechado por los consumidores y las comunidades que se dedican a su cultivo. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto del tiempo y temperatura de fritura en la humedad final y parámetros de color de hojuelas de dos variedades de oca.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Materia prima

Los tubérculos de las variedades de oca amarilla y rosada fueron obtenidos de la comunidad de Bella Andina, distrito y provincia de Chota, región de Cajamarca. Los tubérculos fueron clasificados y seleccionados, luego se lavaron para eliminar impurezas. A partir de los

tubérculos limpios se obtuvo hojuelas de 2 mm de espesor en una cortadora de vegetales; posteriormente se uniformizó el tamaño de las hojuelas de oca a 2 cm de diámetro aproximadamente. De las muestras frescas se determinó el contenido de humedad, cenizas y azúcares reductores.

2.2. Diseño experimental

Se utilizó un diseño factorial de dos factores. El primer factor fue la temperatura de fritura (140, 150 y 160 °C), el segundo fue el tiempo de fritura (2, 3, 4 y 6 min). La proporción de hojuelas/aceite fue de 1:10 y una vez alcanzada la temperatura de fritura se ajustó de acuerdo al diseño experimental. Después de la fritura, las hojuelas de oca se colocaron en papel toalla para eliminar el aceite de la superficie y se almacenaron en bolsas de polietileno de alta densidad para los análisis posteriores.

2.3. Humedad final

La humedad se evaluó por triplicado empleando una estufa BINDER (Modelo ED56, Alemania) siguiendo el procedimiento descrito por la AOAC - Association of Analytical Communities - (AOAC, 2016). El secado se realizó hasta peso constante y la humedad final se determinó por diferencia de pesos.

2.4. Parámetros de color

El color de las hojuelas fritas de oca se analizó utilizando un espectrofotómetro de color (Spectrophotometer CE-CSM8, China) mediante el uso de la escala CIE LAB. Se midieron los parámetros de color: L*, que representa luminosidad (0 corresponde a negro

y 100 corresponde a blanco), a* (coordenadas rojo valores positivos y verde valores negativos), b* (coordenadas amarillo y azul) y el croma (pureza del color). Para la evaluación de los parámetros de color se hicieron cinco mediciones por muestra y se presentó la media como resultado.

2.5. Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza, bajo el diseño factorial, incluyendo tres niveles de temperatura y cuatro tiempos de fritura. Para los análisis se utilizó el software Minitab V. 17.0. Cuando se encontró diferencias significativas en el análisis de varianza, se procedió a realizar la comparación de medias por el método de Tukey. En todos los casos se utilizó un nivel de significación del 0.05.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Composición y humedad final

En Tabla 1 se muestra lo valores del porcentaje de humedad, cenizas y azúcares reductores de tubérculos de oca amarilla y rosada. La oca rosada presentó mayor humedad y azúcares totales en comparación a la oca amarilla. En cambio, el contenido de cenizas fue mayor en la oca amarilla.

Tabla 1. Porcentaje de humedad, cenizas y azúcares reductores de tubérculos oca amarilla y rosada

Componente	Oca amarilla	Oca rosada
Humedad (%)	78.28±1.42	81.32±0.42
Cenizas (%)	1.34±0.04	0.37±0.26
Azúcares reductores (%)	0.83±0.01	2.03±0.01

Valores cercanos en humedad (77.73 %) y cenizas (3.39 %) fueron reportados por Espín *et al.* (2004)

en tubérculos de oca. El contenido de azúcares reductores fue menor en comparación a 7.62 %, reportados por Espín *et al.* (2004); las que se debería a las distintas variedades de oca y las condiciones edafoclimáticas del cultivo (Castillo, 2017). Por otro lado, altos contenidos de azúcares reductores y contenidos de materia seca entre el 20-25 % pueden afectar la calidad de las hojuelas de papa, incrementando la coloración oscura (pardeamiento no enzimático) a altas temperaturas de fritura (García *et al.*, 2022). Este comportamiento mencionado podría utilizarse para evaluar el cambio de color (parámetros de color) de las hojuelas de oca que exhiben altos contenidos de azúcares reductores y

similares contenido de materia seca que los tubérculos de papa.

La humedad final es una de las características más importantes de los productos sometidos al proceso de fritura y esta define el tiempo de vida útil y la crocancéz de estos productos. En la Tabla 2 se observa que el porcentaje de humedad de hojuelas fritas de oca amarilla se redujo conforme se incrementó la temperatura y el tiempo de fritura de 34.99 % a 1.90 %; para las hojuelas de oca rosada de 24.26 % a 3.02 %. Así mismo, se observa que la humedad inicial de las hojuelas de oca se redujo en más del 50 % a los 2 min de fritura a temperaturas de 140 a 160 °C.

Tabla 2. Porcentaje de humedad de hojuelas fritas de oca variedad amarilla y rosada

Oca amarilla				
Temperatura (°C)	Tiempo (min)			
	2	3	4	6
140	34.99±2.30a,A	25.46±3.47b,A	11.03±1.43c,A	5.45±0.18c,A
150	30.75±3.49a,AB	22.98±0.47b,A	8.75±0.93c,A	5.97±1.11c,A
160	22.75±2.64a,B	11.11±2.50b,B	6.97±0.87bc,A	1.90±0.50c,B
Oca rosada				
Temperatura (°C)	Tiempo (min)			
	2	3	4	6
140	17.51±3.33a,A	22.14±0.74a,A	5.54±1.91b,A	4.06±0.34b,A
150	16.10±1.15a,A	24.26±1.56a,A	4.84±0.13b,A	3.02±0.13b,A
160	17.80±4.80a,A	15.23±0.85a,B	3.06±0.08b,A	5.78±1.65b,A

Datos presentados en promedio± desviación estándar. Diferentes letras minúsculas indican diferencia significativa ($p < 0.05$) entre el tiempo de fritura para cada temperatura de almacenamiento. Diferentes letras mayúsculas indican diferencia significativa ($p < 0.05$) entre la temperatura de fritura para cada tiempo de fritura.

Las hojuelas de los tubérculos de oca rosada perdieron mayor humedad a los 2 min de fritura (140 a 160 °C) en comparación con las hojuelas de los tubérculos de oca amarilla. Estas diferencias pueden estar relacionadas con las diferencias en la composición química y la estructura externa e interna de las hojuelas, ya que, un mayor contenido de fibra, tipo de fibra, contenido de almidón y tipo de almidón pueden afectar la transferencia de calor durante el proceso de fritura (Montes *et al.*, 2016). Tiempos

de fritura de 4 min a temperaturas de 140 °C a 160 °C permitieron obtener hojuelas de oca a una humedad de almacenamiento adecuada, ya que, según Santiago-Mora *et al.* (2024), humedades menores a 12 % en hojuelas de papa permiten una adecuada estabilidad durante el almacenamiento. Así mismo, bajos valores de humedad final obtenidos en las hojuelas de oca amarilla y rosada a 4 min y a temperaturas de 140 a 160 °C pueden producir un mayor oscurecimiento de la hojuela debido a que la

reacción de Maillard (reacción entre azúcares reductores y aminoácidos) ocurre con mayor intensidad a bajos valores de humedad (Pedreschi *et al.*, 2005).

3.2. Parámetros de color

3.2.1. Parámetro L* (luminosidad)

Las hojuelas de oca amarilla presentaron valores de L* de 43.58 a 70.41 y las hojuelas de oca rosada mostraron valores de L* de 39.58 a 73.83 (Tabla 3).

Tabla 3. Parámetro de color L* de las hojuelas fritas de oca variedad amarilla y rosada

Oca amarilla				
Temperatura (°C)	Tiempo (min)			
	2	3	4	6
140	67.61±0.1a,A	67.9±0.38a,A	70.05±0.34a,A	63.52±2.01a,A
150	70.41±0.07a,A	67.03±0.57a,A	62.50±0.86a,B	44.25±1.48a,B
160	64.99±1.86a,A	61.41±2.54a,A	54.3±0.56b,C	43.58±0.06c,B
Oca rosada				
Temperatura (°C)	Tiempo (min)			
	2	3	4	6
140	67.33±0.04a,A	68.06±1.11a,A	72.44±0.12a,A	71.85±0.09a,A
150	67.82±0.04a,A	68.47±0.19a,A	71.81±0.42a,A	44.31±0.22a,B
160	73.83±2.12a,A	68.6±0.17a,A	39.58±0.11b,B	39.58±0.11b,B

Datos presentados en promedio± desviación estándar. Diferentes letras minúsculas indican diferencia significativa ($p<0.05$) entre el tiempo de fritura para cada temperatura de almacenamiento. Diferentes letras mayúsculas indican diferencia significativa ($p<0.05$) entre la temperatura de fritura para cada tiempo de fritura.

Los valores de luminosidad fueron similares a los obtenidos en hojuelas de papas fritas, pretratadas con $MgCl_2$ y sometidas a un proceso de sonicación (46.27–64.37), a 4 minutos de fritura y 165 °C (Zheng & Moreira, 2020); Salhuana *et al.* (2022) determinaron valores cercanos de L* (45.79–84.24) en hojuelas de papa Huagalina, Huayro, Limeña y Peruanita fritas a 160 °C por 2.5 min.

Los valores de L* de las hojuelas de oca se redujeron en mayor proporción a partir de los 4 min a temperaturas superiores a los 150 °C, este comportamiento fue similar para las hojuelas de oca amarilla y rosada. En relación a este comportamiento, Salehi (2019) obtuvieron resultados similares de reducción de valores L* para hojuelas fritas de colirrábano a altas

temperaturas. La mayor reducción del parámetro L* fue para las hojuelas de oca rosada a los mismos tiempos y temperaturas de fritura (≥ 4 min y ≥ 150 °C) en comparación con las hojuelas de oca amarilla. Estas variaciones se atribuyen a las diferencias en el tipo y contenido de pigmentos.

Otros factores que pudo influenciar en la reducción del parámetro L* es el pardeamiento no enzimático, ya que, este fenómeno superficial está relacionado con la reacción de Maillard, esta ocurre entre los azúcares reductores y aminoácidos, produciendo colores oscuros a altas temperaturas de fritura (Pedreschi *et al.*, 2005). El contenido de azúcares reductores influye sobre L*, ya que según los resultados obtenidos se pudo observar que la

oca rosada presentó mayor contenido de azúcares reductores y exhibió un menor valor de L* (mayor reducción de este parámetro). Esto está asociado con una menor humedad de las hojuelas de oca amarilla y rosada, la que habría ocasionado que la reacción de Maillard sea más intensa.

3.2.2. Parámetro a*

En la Tabla 4 se muestran los valores obtenidos del parámetro a* de hojuelas de oca amarilla y rosada sometidos a diferentes tiempos y temperaturas de fritura. Las hojuelas de oca amarilla presentaron valores del parámetro de color a* de -0.64 a 13.06; en cambio las rosadas mostraron valores de a* de -0.81 a 15.71.

Tabla 4. Parámetro de color a* de las hojuelas fritas de oca variedad amarilla y rosada

Temperatura (°C)	Oca amarilla			
	Tiempo (min)			
	2	3	4	6
140	-0.64±1.08b,B	0.9±0.59ab,C	1.92±0.02ab,A	6.74±1.73a,A
150	1.04±0.175a,AB	3.59±1.89a,B	6.37±0.62a,A	13.06±0.165a,A
160	2.11±0.015b,B	6.52±0.74ab,A	8.30±2.39a,A	11.70±0.55a,A
	Oca rosada			
	2	3	4	6
140	-1.47±0.23a,A	1.15±0.46a,B	0.83±0.57a,B	2.87±1.5a,C
150	-0.81±0.59a,A	1.97±1.28a,B	2.63±2.37a,B	15.71±0.05a,A
160	0.87±0.33c,A	5.29±1.26b,A	13.60±2.05a,A	13.60±2.05a,B

Datos presentados en promedio± desviación estándar. Diferentes letras minúsculas indican diferencia significativa (p<0.05) entre el tiempo de fritura para cada temperatura de almacenamiento. Diferentes letras mayúsculas indican diferencia significativa (p<0.05) entre la temperatura de fritura para cada tiempo de fritura.

Estos valores son similares en parte a los encontrados en hojuelas de papas fritas (-2.34 a 2.31) pretratadas con MgCl₂ y sometidas a un proceso de sonicación, a tiempo y temperatura de fritura de 4 min y 165 °C (Zheng & Moreira, 2020); Salehi (2019) determinó valores más altos de a* (hasta 23.80) en colirrábano a diferentes tiempos de 50–200 s y temperaturas de fritura de 140–200 °C. Estas diferencias pueden ser atribuidas al tipo de fuente vegetal, diferentes tiempos y temperaturas de fritura, pretratamientos, contenido de azúcares reductores y aminoácidos (Pedreschi *et al.*, 2005).

Las hojuelas de oca amarilla y rosada presentaron el mismo comportamiento en variaciones de a*, es decir que conforme se

incrementó el tiempo y temperatura de fritura se incrementaron los valores de a*, pasando del color verde al rojo, esto debido a la formación de compuestos oscuros por el pardeamiento no enzimático que incrementaron la coloración rojo oscuro de las hojuelas. Así mismo, hojuelas de oca fritas por mayor tiempo y alta temperatura mostraron los mayores valores de a*. Estos resultados coinciden con los reportados por Pedreschi *et al.* (2007), quienes determinaron que los valores del parámetro a* en rodajas de patata incrementan durante el proceso de fritura, lo cual está relacionado con las reacciones de pardeamiento no enzimático, ya que al incrementar la temperatura de fritura de rodajas de papa incrementan la coloración oscura.

Goldnera *et al.* (2012) observaron un enrojecimiento de tubérculos de oca amarilla sometidos a un proceso de cocción de 98 °C; de igual forma Santiago-Mora *et al.* (2024) indican que el incremento del tiempo y temperatura de fritura incrementa los valores a^* de hojuelas de papa. También se observó que hojuelas de oca amarilla y rosada fritas a temperaturas de 160 °C y tiempos de 6 min, presentaron menores valores del parámetro a^* en comparación con las hojuelas fritas a 150 °C y a tiempos de 6 min, lo que indicaría que las hojuelas fritas a la temperatura de fritura de 160 °C pierden la coloración rojiza y comienzan a tomar una coloración oscura propia de productos sobre freídos y esto fue observado durante el proceso de fritura. Otro factor que afectó la diferencia en el parámetro de color a^* entre las hojuelas de

oca amarilla y rosada es el contenido de azúcares reductores, ya que según los resultados obtenidos muestran que los tubérculos de oca rosada presentaron un mayor contenido de azúcares reductores (Tabla 1) y una menor humedad de las hojuelas de oca (Tabla 2), los cuales permitieron que la reacción de Maillard sea más intensa.

3.2.3. Parámetro b^*

En la Tabla 5 se muestran los valores obtenidos del parámetro b^* de hojuelas de oca amarilla y rosada sometidos a diferentes tiempos y temperaturas de fritura. Las hojuelas de oca amarilla presentaron valores del parámetro de color b^* de 17.34 a 47.55; las hojuelas de oca rosada mostraron valores de 15.37 a 49.37.

Tabla 5. Parámetro de color b^* de las hojuelas fritas de oca variedad amarilla y rosada

Oca amarilla				
Temperatura (°C)	Tiempo (min)			
	2	3	4	6
140	47.55±0.53a,A	44.47±0.45a,A	44.75±0.25a,A	34.74±5.49b,A
150	47.29±1.13a,A	39.88±7.67a,A	46.35±4.25a,AB	20.62±1.27a,B
160	44.32±1.1a,A	40.14±0.18ab,A	17.34±2.15b,B	18.45±0.73b,B
Oca rosada				
Temperatura (°C)	Tiempo (min)			
	2	3	4	6
140	40.29±1.21a,A	46.68±3.44a,A	38.98±3.77a,A	36.81±0.16a,A
150	49.37±1.24a,A	42.51±0.03a,A	48.64±1.15a,A	20.77±0.81a,B
160	41.55±3.97a,A	42.41±0.005a,A	15.37±0.91a,B	15.37±0.91a,B

Datos presentados en promedio± desviación estándar. Diferentes letras minúsculas indican diferencia significativa ($p<0.05$) entre el tiempo de fritura para cada temperatura de almacenamiento. Diferentes letras mayúsculas indican diferencia significativa ($p<0.05$) entre la temperatura de fritura para cada tiempo de fritura.

Moreira & Almohaimeed (2018) encontraron resultados similares (entre 11.31 a 18.29) en rodajas de papas sometidas a diferentes procesos de frituras e impregnadas al vacío. Por otro lado, los valores obtenidos en el presente estudio son superiores a los encontrados en hojuelas de papas fritas (14.43 a 19.18)

pretratadas con $MgCl_2$ y sometidas a un proceso de sonicación, a tiempo y temperatura de fritura de 4 min y 165 °C (Zheng y Moreira, 2020). Salehi (2019) determinó valores similares de b^* (hasta 39.05) en colirrábano frito a 200 °C. Estas diferencias pueden ser atribuidas al tipo de fuente vegetal, diferentes tiempos y

temperaturas de fritura, pretratamientos, contenido de azúcares reductores y aminoácidos (Pedreschi *et al.*, 2005).

Las hojuelas de oca amarilla y rosada presentaron el mismo comportamiento, es decir que conforme se incrementó el tiempo y temperatura de fritura se redujeron los valores de b^* , pasando del color amarillo más intenso a menos intenso, esto debido a la formación de compuestos oscuros por el pardeamiento no enzimático (Garayo & Moreira, 2002; Moreira & Almohaimed, 2018) que redujeron la coloración amarilla de las hojuelas. Así mismo, hojuelas de oca fritas por mayor tiempo y altas temperaturas mostraron los menores valores del parámetro de color b^* .

Resultados similares fueron reportados por Santiago-Mora *et al.* (2024), quienes

determinaron que los valores de b^* es más dependiente del tiempo de fritura, que del tipo de pretratamiento. El alto contenido de azúcares reductores (Tabla 1) y baja humedad final de las hojuelas de oca rosada (Tabla 2) afectaron los valores del parámetro de color b^* , ya que este valor fue menor en hojuelas de oca rosada comparadas con las hojuelas de oca amarilla permitiendo que la reacción de Maillard fuera más intensa.

3.2.4. Chroma

Las hojuelas de oca amarilla presentaron valores de *Chroma* de 19.28 a 48.44 y las hojuelas de oca rosada mostraron valores de 20.55 a 49.39 (Tabla 6).

Tabla 6. Valores de Chroma de las hojuelas fritas de oca variedad amarilla y rosada

Temperatura (°C)	Oca amarilla			
	Tiempo (min)			
	2	3	4	6
140	45.15±1.17a,A	44.48±0.45a,A	44.98±0.07a,A	35.44±5.75b,A
150	47.31±1.12a,A	40.12±7.31a,A	48.44±0.48a,AB	24.42±1.02a,B
160	44.37±1.13a,A	40.82±0.97ab,A	19.28±3.15ab,B	21.87±0.95b,B
	Oca rosada			
	Tiempo (min)			
	2	3	4	6
140	40.33±1.19a,A	46.70±3.47a,A	38.98±3.77a,A	37.45±0.59a,A
150	49.39±1.27a,A	42.57±0.11a,A	38.83±0.79a,A	26.07±1.52a,AB
160	41.57±3.96a,A	42.79±0.03a,A	20.55±1.99a,B	20.55±1.99a,B

Datos presentados en promedio± desviación estándar. Diferentes letras minúsculas indican diferencia significativa ($p<0.05$) entre el tiempo de fritura para cada temperatura de fritura. Diferentes letras mayúsculas indican diferencia significativa ($p<0.05$) entre la temperatura de fritura para cada tiempo de fritura.

Los valores más bajos son similares a los reportados por Rodríguez-Saona & Wrolstad (1997), quienes registraron valores de *Chroma* de 18.69 a 28.26 en diferentes variedades de papas fritas. Islam *et al.* (2022) reportaron valores de *Chroma* similares (entre 19.07 a 28.96)

en hojuelas de papas fritas. Sin embargo, en este estudio también se obtuvieron mayores valores *Chroma* que los reportados por estos autores, esto debido al tiempo de fuente utilizada, pigmentos presentes, contenido de azúcares

reductores y contenido de aminoácidos (Suaterna, 2009).

Existió diferencia entre los valores de *Chroma* de las hojuelas de oca amarilla y rosada, debido a las variaciones en la composición química de los tubérculos de oca amarilla y rosada (Tabla 1). Las hojuelas de oca amarilla y rosada presentaron un comportamiento similar en la tendencia de reducción o incremento del *Chroma* para los diferentes tratamientos, ya que a medida que se incrementó el tiempo y temperatura de fritura los valores de este parámetro disminuyeron. Los valores más bajos de *Chroma* se obtuvieron a temperaturas de fritura de 150 °C y 160 °C y tiempos de 4 a 6 min. Las hojuelas se tornaron oscuras debido de a que la reacción de Maillard fue más intensa, sin embargo, las hojuelas fritas a menores tiempos y temperatura presentaron mayores valores de *Chroma*; lo cual indica que las hojuelas presentaron mayor amarillos y colores más vivos. Islam *et al.* (2022) mencionan que los valores de *Chroma* están fuertemente influenciados por la variedad, el cultivar, la madurez, la temperatura, el grosos de las rodajas y el contenido de azúcares presentes en las patatas.

4. CONCLUSIONES

Tubérculos de oca rosada presentaron una mayor humedad y contenido de azúcares reductores que la oca amarilla. Bajos valores de humedad final obtenidos en las hojuelas de oca amarilla y rosada a los 4 min y a temperaturas de 140 a 160 °C produjeron un mayor oscurecimiento de la hojuela de oca debido a que la reacción de Maillard fue más intensa. Los parámetros de color L* y b* de las hojuelas de oca amarilla y rosada se redujeron conforme se

incrementó el tiempo y temperatura de fritura, a diferencia del parámetro color a*, el cual aumentó conforme se incrementó el tiempo y temperatura de fritura. Estas variaciones en los parámetros de color fueron mayores en las hojuelas de oca rosada debido a las diferencias en el contenido de azúcares reductores y humedad final de las hojuelas.

Declaración de intereses

Ninguna.

Agradecimientos

A la universidad Nacional Autónoma de Chota.

Referencias

- AOAC (2016). *Official methods of Analysis of the Association of official Analytical Chemists – pH, acidez titulable*. Washington D.C.: 20 edition.100-1005 p.
- Campos, D., Noratto, D., Chirinos, R., Arbizu, C., Roca, W. & Cisneros-Zevallos, L. (2006). Antioxidant capacity and secondary metabolites in tour species of Andean tuber crops: Native potato (*Solanum sp.*), mashua (*Tropaeolum Tuberosum* Ruíz y 57 Pavón), oca (*Oxalis tuberosa* Molina) y olluco (*Ollucus tuberosus* Caldas).
- Castillo, B. (2017). *Efecto de fritado en la obtención de chips de oca (Oxalis tuberosa Mol)*. Tesis de grado. Universidad Nacional del Altiplano. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/3648>
- Chuquilín, G.R.C., Martínez, L.M.C. & Rodrigo, C.J.T. (2020). Propiedades funcionales de productos tradicionales congelados y secados al sol de oca (*Oxalis tuberosa* Molina) y olluco (*Ollucus tuberosus* Caldas): Una revisión. *PURIQ*, 2(3). <https://doi.org/10.37073/puriq.2.3.100>
- Espín, S., Villacrés, E., & Brito, B. (2004). *Caracterización Físico-Química, Nutricional y Funcional de Raíces y Tubérculos Andinos*.
- Ferro, R. (2021). *Conservación de oca (Oxalis tuberosa) bajo condiciones in vitro y corroboración de la estabilidad genética*. Tesis para optar el título de Biólogo Genetista Biotecnólogo. Escuela Profesional de Genética y Biotecnología, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

- Garayo, J. & Moreira, R. (2002). Vacuum frying of potato chips. *Journal of food engineering*, 55(2002), 181-191. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(02\)00062-6](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(02)00062-6)
- García, S., Chire, G., Repo, R. & Ureña, M. (2022). Efecto de la fritura sobre los componentes bioactivos de la papa nativa (*Solanum tuberosum*) Puka Ambrosio. *Revista chilena de nutrición*, 49(1), 7-16. <https://dx.doi.org/10.4067/s0717-75182022000100007>
- Gerencia Regional de Agricultura. (2019). Cultivos del Perú para el mundo. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1907930/CULTIVOS%20%20ANDINOS%20DEL%20PERU%20C3%9A.pdf.pdf>
- Goldnera, M.C., Pérez, O.E., Pilosof, A.M.R. & Armada, M. (2012). Comparative study of sensory and instrumental characteristics of texture and color of boiled under-exploited Andean tubers. *LWT- Food Science and Technology*, 47(2012) 83-90. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S023643811004312>
- Islam, M.M., Naznin, S., Naznin., Nasir, U., Nurl, A., Mushfiqur, R., Monirul, H.T.M., Mohammed, A.A., Gaber, A. y Ahmed, S. (2022). Dry Matter, Starch Content, Reducing Sugar, Color and Crispiness Are Key Parameters of Potatoes Required for Chip Processing. *Horticulture*, 8(362). <https://doi.org/10.3390/horticulturae8050362>
- King, S. & Gershoff, S. (1987). Nutritional evaluation of three underexploited Andean tubers: *Oxalis tuberosa* (Oxalidaceae), *Ullucus tuberosus* (Basellaceae) and *Tropaeolum tuberosum* (Tropaeolaceae).
- Montes, O.N., Millar, M.I., Provoste, L.R., Martínez, M.N., Fernández, Z.D., Morales I.G. & Valenzuela B.R. (2016). Absorción de aceite en alimentos fritos. *Revista Chilena de Nutrición*, 43(1), 87-91. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182016000100013>
- Moreira, R.G. & Almohaimeed, S. (2018). Technology for processing of potato chips impregnated with red rootbeet phenolic compounds. *Journal of Food Engineering*, 228, 57-68. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0260877418300591>
- Morillo, C.A.C., Morillo, C.Y. & Leguizamo, M.M.F. (2019). Caracterización morfológica y molecular de *Oxalis tuberosa* Mol. en el departamento de Boyacá. *Rev. Colomb. Biotecnol*, 21(1), 18-28. [10.15446/rev.colomb.biote.v21n1.57356](https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v21n1.57356)
- Papadakis, S.E. Yam, K. L. & Abdul, M.S. (2000). A Versatile and Inexpensive Technique for Measuring Color of Foods. *Food Technology*, 5(12).
- Pedreschi, F., León, J., Domingo, M., Moyano, P., Pedreschi, R., Kaack, K. & Kit G. (2007). Color development and acrylamide content of pre-dried potato chips. *Science Direct*, 79(2007), 786-793. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0260877406002342>
- Pedreschi, F., León, J., Mery, D., Moyano, P., Pedreschi, R., Kaack, K. & Granby, K. (2007). Color development and acrylamide content of pre-dried potato chips. *Journal of Food Engineering*, 79(3), 786-793. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.03.001>
- Pedreschi, F., Moyano, O., Kaack, K. & Kit, G. (2005). Color changes and acrylamide formation in fried potato slices. *Food Research International*, 38(19), 1-9. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0963996904001620>
- Rodríguez-Saona, L.E. y Wrolstad, R.E. (1997). Influence of potato composition on chip color quality.
- Salehi, F. (2019). Color changes kinetics during deep fat frying of kohlrabi (*Brassicaoleracea var. gongylodes*) slice. *International Journal Of Food Properties*, 22(1), 511-519. <https://doi.org/10.1080/10942912.2019.1593616>
- Salhuana, J., Siche, R., Abanto, L. & Vásquez, B. (2022). Determinación del cambio de color en fritura de cuatro variedades de papa (*Solanum tuberosum*) utilizando visión computacional. *Manglar*, 19(1), 45-52. <http://dx.doi.org/10.17268/manglar.2022.006>
- Santiago-Mora, P., Skinner, M., Hendricks, A., Rimkus, T., Meyer, B., Gratzek, J., Pu, S., Woodbury, L., Bond, L. & McDougal, O. (2024). Pulsed electric field effect on acrylamide reduction and quality attributes of continuous-style Lamoka potato chips. *Heliyon*, 10(11). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e31790>
- Suaterna, H.A.C. (2009). La fritura de los alimentos: el aceite de fritura. *Perspectivas En Nutrición Humana*, 11(1), 39-53. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-41082009000100004&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- Tapia, N.M.E., Fries, A.M., Mazar, I. & Rosell, C. (2007). *Guía de campo de los cultivos andinos*. Asociación Nacional de Productores Ecológicos del Perú; Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Ujong, A.E., Emelike, N.J.T., Owuno, F. & Okiyi, P.N. (2023). Effect of frying cycles on the physical, chemical and antioxidant properties of selected plant oils during deep-fat frying of potato chips. *Food Chemistry Advances*, 3. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100338>

- Vásquez, C.J. & Aurora, V.E.F. (2022). Efecto de la temperatura y tiempo de fritura en la textura y color de un chip de oca (*Oxalis Tuberosa*). *Ciencia, Tecnología e Innovación*, 8(1), 55-71. <https://revistas.uss.edu.pe/index.php/ING/article/view/1541/2199>
- Velásquez-Barreto, F.F., Bello-Pérez, L.A., Núñez-Santiago, C., Yee-Madeira, H. & Velezmoro, S.C.E. (2021). Relationships among molecular, physicochemical and digestibility characteristics of Andean tuber starches. *International Journal of Biological Macromolecules*, 182(2021), 472-481. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.04.039>
- Yenque, D.J.A., Lavado, S.M.A. & Santos, E.G. (2008). Proceso de Industrialización a nivel de Planta Piloto de la Oca (*OxalisTuberosa*). *Industrial Date*, 11(1), 9-13. <https://www.redalyc.org/pdf/816/81611211002.pdf>
- Zheng. T. & Moreira, R.G. (2020). Magnesium ion impregnation in potato slices to improve cell integrity and reduce oil absorption in potato chips during frying. *Heliyon*, 6(2020). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05834>
- Zhu, F. & Cui, R. (2019). Comparison of physicochemical properties of oca (*Oxalis tuberosa*), potato, and maize starches. *International Journal of Biological Macromolecules*, 148 (2020), 601-607. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.01.028>