



La investigación, su esencia y arte.

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
TESIS

**EFFECTO DE LA TEMPERATURA DE SECADO POR AIRE CALIENTE EN EL
CONTENIDO DE FENÓLICOS TOTALES Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE
DE SUBPRODUCTOS DE LA INDUSTRIA DE LAS PAPAS NATIVAS**

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

INNOVACIÓN ALIMENTARIA

OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE:

OBJETIVO 3: SALUD Y BIENESTAR.

CAMPO DE LA INVESTIGACIÓN Y EL DESARROLLO OCDE:

0.2.11.01 (ALIMENTOS Y BEBIDAS)

PRESENTADO POR:

Chancha Inga, Huber Joel (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6055-9258>)

ASESOR:

Dra. Pantoja Tirado, Lucia Ruth (ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9157-6088>)

CO – ASESOR:

Dr. Cornelio Santiago, Heber Peleg (ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2261-7004>)

Pampas - Perú

2024

*"Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres"
"Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho"*

FACULTAD DE INGENIERÍA

CONSTANCIA N° 4-2024-UNAT/FI	Pampas, 22.08.2024	Página 1 de 1
-------------------------------------	--------------------	---------------

Quienes al final suscriben este documento, Secretario Académico y Coordinador de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja "Daniel Hernández Morillo",

HACEN CONSTAR:

Que, según aparecen en el respectivo expediente y en el Acta de Sustentación de Tesis Profesional de 20.08.2024:

1. El Bachiller en Ingeniería de Industrias Alimentarias, CHANCHA INGA HUBER JOEL, identificado con DNI N° 76156380 y con código de matrícula 0076156380, de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja "Daniel Hernández Morillo":
 - 1.1. El 20.08.2024, a las 10:00 horas, en forma presencial y ante el Jurado Evaluador, sustentó su tesis profesional "EFECTO DE LA TEMPERATURA DE SECADO POR AIRE CALIENTE EN EL CONTENIDO DE FENÓLICOS TOTALES Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE SUBPRODUCTOS DE LA INDUSTRIA DE LAS PAPAS NATIVAS".
 - 1.2. Como resultado de tal sustentación, fue APROBADO, con la calificación de (18) Puntos, que corresponde a la condición académica de MUY BUENO.
2. El Jurado Evaluador, fue designado con Resolución de Comisión Organizadora N° 235-2023-CO-UNAT de 25.07.2023 y estuvo conformado por el Dr. GINO PAUL PRIETO ROSALES (Presidente), Dr. HAROLD PAWEL JOHAO ORE QUIROZ (Miembro) y Dra. LUCIA RUTH PANTOJA TIRADO (Asesor).

Se expide esta constancia, a requerimiento de parte y para los fines de su uso lícito pertinente, precisando que cualquier enmendadura o anotación invalida este documento.



Dr. RONAL ABEL DE LA CRUZ ARAUJO
Coordinador
Facultad de Ingeniería



Dr. LUIS RONAR CARRANZA HARO
Secretario Académico
Facultad de Ingeniería

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

EL DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE TAYACAJA DANIEL HERNÁNDEZ MORILLO, QUIEN SUSCRIBE:

HACE CONSTAR:

Que el proyecto de investigación titulado: "EFECTO DE LA TEMPERATURA DE SECADO POR AIRE CALIENTE EN EL CONTENIDO DE FENÓLICOS TOTALES Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE SUBPRODUCTOS DE LA INDUSTRIA DE LAS PAPAS NATIVAS", "desarrollado por el estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias HUBER JOEL CHANCHA INGA asesorado por la Dra. LUCIA RUTH PANTOJA TIRADO, cumple con los requisitos de conformidad de originalidad mediante (*software Anti plagio Turnitin*), evidenciándose en el informe de originalidad un porcentaje de similitud de diecinueve (19%), el cual se encuentra dentro del parámetro establecido por la Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández morillo.

Se expide la presente constancia para los fines que estime conveniente.

Pampas, 09 de agosto del 2024



Dr. Gino Paul Prieto Rosales
Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería

Agradecimiento

Deseo manifestar mi más profundo agradecimiento en primer lugar a Dios por ser guía y mi fortaleza a lo largo de todo el desarrollo de esta tesis. Asimismo, agradecer a las personas que han aportado de alguna forma en la culminación de esta tesis. A mis Padres queridos, su apoyo incondicional ha sido fundamental en cada paso de esta travesía académica, gracias por confiar en mí, por animarme a seguir adelante y por brindarme todo su amor y comprensión en los momentos de dificultad, su sacrificio y dedicación ha sido mi mayor inspiración para alcanzar mis metas. A mi asesora de tesis Dra. Lucia Ruth Pantoja Tirado y un especial agradecimiento a mi Co-asesor Dr. Heber Peleg Cornelio Santiago, les agradezco de todo corazón a su invaluable guía y orientación con valiosos consejos a lo largo de esta investigación, gracias por compartir sus conocimientos, por corregir mis errores con paciencia y por motivarme a dar lo mejor de mí en cada etapa del trabajo de mi proyecto de tesis, su guía profesional ha sido fundamental para el éxito de esta tesis. Agradecer a mi docente de proyecto de Tesis Dra. Dagnith Liz Bejarano Lujan por sus aportaciones sugerencias y críticas constructivas que contribuyeron a perfeccionar mi trabajo de investigación y mi formación académica. Agradecer a los técnicos de laboratorios que colaboraron con los materiales y la parte experimental necesarios para mi tesis. Quiero reconocer el invaluable apoyo de la Cooperativa Agropia que facilitaron la materia prima necesario para llevar a cabo esta investigación. A mis amistades, por su apoyo incondicional, entendimiento y animo en los momentos difíciles. Por último, mi especial agradecimiento a la Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja “Daniel Hernández Morillo”, por el apoyo brindado a través de la subvención (Resolución N° 44-2013-VPI-UNAT), esta ayuda financiera ha sido fundamental para poder llevar a cabo mi investigación. Sin la ayuda de todas las personas e instituciones, no habría sido posible culminar con éxito esta tesis. Estoy muy agradecido por todo el apoyo recibido.

Dedicatoria

A mis amados padres, Teófilo y Rosa, quiero dedicarles mi proyecto de tesis como muestra de mi profundo agradecimiento por todo el respaldo que me han brindado a lo largo de esta trayectoria. Su amor, paciencia y constante aliento han sido esenciales para que hoy pueda llegar hasta aquí. Gracias por motivarme a seguir adelante incluso en los momentos más difíciles, por sacrificarse para que yo pudiera cumplir mis sueños. Sin su amor y apoyo incondicional, nada de esto hubiera sido posible. Este logro no solo es mío, sino también de ustedes, quienes siempre han permanecido a mi lado, compartiendo mis triunfos y apoyándome en mis momentos de fracaso. Espero que este trabajo sea una pequeña muestra de todo lo que les debo y una forma de honrar su dedicación y sacrificio. Con todo mi amor y gratitud tu hijo
Huber.

Índice de contenido

Agradecimiento.....	ii
Dedicatoria.....	iii
Resumen.....	xii
Abstract	xiii
I. Introducción.....	1
II. Marco Teórico	3
2.1 Antecedentes	3
2.2. Bases teóricas	5
2.2.1. Papa nativa	5
2.2.1.1 Clasificación taxonómica.....	6
2.2.1.2 Crecimiento de la papa.....	7
2.2.1.3 Características morfológicas de las papas nativas.....	8
2.2.1.4 Composición proximal de las papas nativas.	9
2.2.1.5 Variedades de papas nativas.....	10
2.2.1.6 Producción de las papas nativas.	11
2.2.1.7 Compuestos bioactivos presentes en la papa nativa.....	11
2.2.2 Subproductos alimentarios	12
2.2.2.1 Subproductos de la papa nativa.....	13
2.2.2.2 Compuestos bioactivos presentes en los subproductos de papa nativa.....	14
2.2.3 Secado	14

2.2.3.1	Secado por aire caliente.	15
2.2.3.1.1	Factores que intervienen en el proceso de secado.....	16
2.2.3.2	Ventajas de los alimentos deshidratados.....	17
2.2.4	Compuestos fenólicos	18
2.2.4.1	Clasificación de los compuestos fenólicos.....	18
2.2.4.1.1	Ácidos fenólicos.....	19
2.2.4.1.2	Flavonoides.	20
2.2.4.1.3	Otros.	21
2.2.4.2	Propiedades bioactivas de los compuestos fenólicos.	22
2.2.5	Capacidad antioxidante	23
2.2.5.1	Antioxidantes.	23
2.2.5.2	Radicales libres.	25
2.2.5.3	Usos de los antioxidantes en alimentos.....	27
2.2.5.4	Métodos para evaluar la capacidad antioxidante.....	27
2.2.5.5	Efecto de la temperatura sobre los compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante.....	28
III.	Metodología.....	29
3.1	Reactivos.....	29
3.2	Materia prima y acondicionamiento de subproducto de papa nativa.....	29
3.3	Secado de subproducto de papa nativa.....	32
3.4	Determinación de la humedad del subproducto de papa nativa seco.....	33
3.5	Composición proximal del subproducto de papa nativa secado y molido.....	33

3.6 Preparación del extracto de subproducto papa nativa secado y molido.....	33
3.7 Determinación del contenido de fenólicos totales del subproducto de papa nativa secado y molido.....	33
3.8 Determinación de la capacidad antioxidante (DPPH) del subproducto de papa nativa secado y molido.....	34
3.9 Determinación de la capacidad antioxidante (ABTS) del subproducto de papa nativa secado y molido.....	34
3.10 Determinación de antocianinas totales del subproducto de papa nativa secado y molido.....	34
3.11 Diseño experimental.....	35
3.12 Análisis estadístico.....	37
IV. Resultados y Discusión.....	38
3.10 Resultados de la composición proximal del subproducto de papa nativa.....	38
3.11 Resultados de la humedad de subproducto de papa nativa seco.....	39
4.2.1 Análisis estadístico de la humedad.....	42
3.12 Resultados del contenido de fenólicos totales del subproducto de papa nativa.....	43
4.3.1 Análisis estadístico del contenido de fenólicos totales.....	45
3.13 Resultados de la capacidad antioxidante (DPPH) del subproducto de papa nativa.....	47
4.5.1 Análisis estadístico para la capacidad antioxidante (DPPH).....	49
3.14 Resultados de la capacidad antioxidante (ABTS) del subproducto de papa nativa.....	51
4.6.1 Análisis estadístico para la capacidad antioxidante (ABTS).....	53
3.15 Resultados del contenido de antocianinas totales del subproducto de papa nativa.....	55
4.4.1 Análisis estadístico del contenido de antocianinas totales.....	57

V. Conclusiones	59
VI. Recomendaciones	61
VII. Referencias bibliográficas	62
VIII. Anexos	76

Índice de tablas

Tabla 1. Principales características morfológicas de las papas nativas con mayor demanda en el sector industrial	9
Tabla 2. Composición proximal de la pulpa y piel de seis variedades de papa nativa	10
Tabla 3. Clasificación de los compuestos fenólicos	18
Tabla 4. Composición proximal de los subproductos de papa nativa secado y molido.....	38
Tabla 5. Contenido de humedad del subproducto de papa nativa de la variedad cacho de toro secada a diversas temepaturas	39
Tabla 6. Análisis de varianza (Anova) para la humedad	42
Tabla 7. Prueba de comparación múltiple de Tukey a un nivel de confianza del 95%	42
Tabla 8. Contenido de fenólicos totales del subproducto de papa nativa de la variedad cacho de toro secada a diversas temperaturas	43
Tabla 9. Análisis de varianza (Anova) para el contenido de fenólicos totales	46
Tabla 10. Prueba de comparación múltiple de Tukey a un nivel de confianza del 95%	46
Tabla 11. Capacidad antioxidante (DPPH), del subproducto de papa nativa de la variedad cacho de toro secadas a diversas temperaturas	47
Tabla 12. Análisis de varianza (Anova) para la capacidad antioxidante DPPH.....	50
Tabla 13. Prueba de comparación múltiple de Tukey a un nivel de confianza del 95%	50
Tabla 14. Capacidad antioxidante (ABTS), del subproducto de papa nativa de la variedad cacho de toro secada a diversas temperaturas.....	51
Tabla 15. Análisis de varianza (Anova) para la capacidad antioxidante ABTS.....	54
Tabla 16. Prueba de comparación múltiple de Tukey a un nivel de confianza del 95%	54
Tabla 17. Contenido de antocianinas totales del subproducto de papa nativa de la variedad cacho de toro secadas a diversas temperaturas	55

Tabla 18. Análisis de varianza (Anova) para el contenido de antocianinas totales58

Tabla 19. Prueba de comparación múltiple de Tukey a un nivel de confianza del 95%58

Índice de figuras

Figura 1. Papa nativa de la variedad cacho de toro	6
Figura 2. Partes de la papa	8
Figura 3. Subproductos de la industria de papas nativas	13
Figura 4. Estructura química de un compuesto fenólico simple.....	18
Figura 5. Estructura del ácido benzoico (izquierda) y del ácido cinámico (derecha), precursores de las dos principales clases de ácidos fenólicos presentes en frutas y verduras	19
Figura 6. Estructuras químicas de los flavonoides	21
Figura 7. Principales propiedades bioactivas atribuidas a los compuestos fenólicos	23
Figura 8. Reacciones representativas de antioxidantes primarios y secundarios en los alimentos	24
Figura 9. Estructura química de antioxidantes sintéticos utilizados en alimentos.....	25
Figura 10. Estructura química de algunos radicales libres importantes	26
Figura 11. Reacciones en cadena de radicales libres	26
Figura 12. Ubicación geográfica de la industria Cooperativa Agropia	29
Figura 13. Diagrama de flujo para obtener subproducto de papa nativa molida	30
Figura 14. Diseño experimental del efecto de la temperatura de secado por aire caliente en la humedad, contenido de fenólicos totales (CFT), contenido de antocianinas totales (CAT) y capacidad antioxidante (CA) de subproducto de la industria de papas nativas	35
Figura 15. Gráfica del efecto de la temperatura sobre la humedad del subproducto de papa nativa de la variedad caho de toro.....	41
Figura 16. Gráfica del efecto de la temperatura sobre el contenido de fenólicos totales del subproducto de papa nativa de la variedad cacho de toro.....	45

Figura 17. Gráfica del efecto de la temperatura sobre la capacidad antioxidante (DPPH) del subproducto de papa nativa de la variedad cacho de toro.....	49
Figura 18. Gráfica del efecto de la temperatura sobre la capacidad antioxidante (ABTS) del subproducto de papa nativa de la variedad cacho de toro.....	53
Figura 19. Gráfica del efecto de la temperatura sobre el contenido total de antocianinas del subproducto de papa nativa de la variedad cacho de toro.....	57

Resumen

La industria de la papa nativa, principalmente de la variedad cacho de toro genera entre 15 a 40% de subproductos. Esta variedad es rica en compuestos bioactivos. Sin embargo, pocos estudios abordan el secado y su impacto en estos compuestos. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la temperatura de secado por aire caliente sobre el contenido de fenólicos totales y la capacidad antioxidante de los subproductos de papa nativa. Los subproductos de papa nativa de la variedad cacho de toro (77.51 ± 0.50 % de humedad), fueron donados por la industria Agropia ubicado en Junín. Los subproductos se cortaron en rodajas de 2 mm de espesor y secadas a temperaturas de 50, 60, 70 y 80 °C hasta obtener una humedad menor al 15%. Seguidamente fueron molidos y envasados en bolsas de polietileno de alta densidad. La determinación del contenido de fenólicos Totales (CFT) fue realizada por el ensayo colorimétrico de Folin-Ciocalteu, el contenido de antocianinas totales (CAT) se realizó mediante por el método de pH diferencial y la capacidad antioxidante (CA) usando el método de secuestro del radical DPPH y ABTS. Los resultados indican que la temperatura de secado influyó significativamente en el CFT, CAT y CA, es decir a medida que la temperatura de secado aumentó de 50 a 80 °C, el CFT disminuyó ($3339,11 \pm 24,40$ a $1482,54 \pm 12,20$ mg GAE/kg en base seca), el mismo comportamiento se observó en CAT ($673,08 \pm 5,14$ a $345,51 \pm 3,74$ mg de Cyanidin 3 glucoside/kg en base seca) y en CA con DPPH ($12,77 \pm 0,13$ a $6,30 \pm 0,20$ $\mu\text{mol TE/g}$ en base seca) y CA con ABTS ($19,56 \pm 0,08$ a $13,41 \pm 0,34$ $\mu\text{mol TE/g}$ en base seca). En conclusión, el secado mediante aire caliente a una temperatura de 50°C fue el mejor método de conservación de subproductos de la papa nativa “cacho de toro” sin afectar su CFT, CAT y CA.

Palabras clave: subproducto de papa nativa, secado, fenólicos totales, antocianinas, capacidad antioxidante.

Abstract

The native potato industry, mainly of the cacho de toro variety, generates between 15 to 40% of by-products. This variety is rich in bioactive compounds. However, few studies address drying and its impact on these compounds. Therefore, the objective of this study was to evaluate the effect of hot air-drying temperature on the total phenolic content and antioxidant capacity of native potato by-products. The native potato by-products of the cacho de toro variety (77.51 ± 0.50 % moisture), were donated by the Agropia industry located in Junín. The by-products were cut into 2 mm thick slices and dried at temperatures of 50, 60, 70 and 80 °C until they reached a moisture content of less than 15%. They were then ground and packed in high-density polyethylene bags. The determination of total phenolic content (TPC) was performed by Folin-Ciocalteu, colorimetric assay, total anthocyanin content (TAC) was performed by differential pH method and antioxidant capacity (AC) using DPPH and ABTS radical scavenging method. The results indicate that drying temperature significantly influenced TPC, TAC and AC, i.e. as drying temperature increased from 50 to 80 °C, TPC decreased (3339.11 ± 24.40 to 1482.54 ± 12.20 mg GAE/kg on dry basis), the same behavior was observed in TAC (673.08 ± 5.14 to 345.51 ± 3.74 mg Cyanidin 3 glucoside/kg dry basis) and in AC with DPPH (12.77 ± 0.13 to 6.30 ± 0.20 $\mu\text{mol TE/g}$ dry basis) and AC with ABTS (19.56 ± 0.08 to 13.41 ± 0.34 $\mu\text{mol TE/g}$ dry basis). In conclusion, drying by hot air at a temperature of 50°C was the best method of preserving by-products of the native potato "cacho de toro" without affecting its TPC, TAC and AC.

Key words: native potato by-product, drying, total phenolics, anthocyanins, antioxidant capacity.

I. Introducción

La papa nativa es alimento muy consumido y apreciado por las familias indígenas durante siglos, por sus sabores, colores, formas y textura (Bellumori et al., 2020). Es un producto que se cultiva en toda la sierra de los Andes por encima de los 3,500 m.s.n.m, con una diversidad de más de 3000 variedades (Horton y Samanamud, 2017). En el Perú la producción de papa ha aumentado en gran medida llegando a producir 4,7 millones de toneladas, incluyendo a las papas nativas en el año 2023 (Midagri, 2024). La composición nutricional de las diversas variedades de papas nativas incluye un rango de proteínas (5,59 a 10,50 g/100g), fibra (1,90 a 6,07 g/100g), grasa (0,24 a 0,68 g/100g), potasio (13,41 a 21,30 mg/100g), Fósforo, (11,00 a 23,00 mg/100g), Hierro (2,70 a 11,90 mg/100g), Zinc (0,57 a 5,10 mg/100g) y polifenoles (33,10 a 646,30 mg ácido gálico/100g) (Monteros, 2009). También las papas nativas presentan ácidos fenólicos, antocianinas, carotenoides, tocoferoles, flavonoides y vitamina C, la concentración de estos compuestos es variada en cada papa nativa (Shiroma et al., 2008; Juli y Arias, 2011; Giusti et al., 2014). Rivero et al. (2019) recopilan diversos estudios que demuestran que los polifenoles con mayor presencia en las papas nativas son los ácidos fenólicos, flavonoides, ligninas, cumarinas y estilbenos, los flavonoides más representativos incluyen catequina, epicatequina, eriodictiol, kaempferol y naringenina. Asimismo, los carotenoides presentes en las papas nativas se clasifican como neoxantina, luteína, zeaxantina y violaxantina. Estos elevados niveles de polifenoles funcionan como antioxidantes naturales, ofreciendo una defensa efectiva contra el daño provocado por los radicales libres y las enfermedades degenerativas (Morales et al., 2015). Además, el genotipo de colores en las papas nativas ofrece múltiples oportunidades para la industrialización de productos innovadores (Tobin et al., 2016). Las papas nativas, como Sangre de Toro, Sumaq Sunqo, Qeqorani, Huayro Machu, Pumapa Maquin y Cacho de Toro, entre otras variedades, permiten la fabricación de una extensa variedad productos procesados que incluye chips de colores, purés y licores, cuya demanda ha tenido un crecimiento significativo en los últimos años (Andrade y Graham, 2021). Sin embargo, estudios acerca del contenido bioactivos en los subproductos de las industrias de las papas nativas es escaso en la literatura científica. Además, existe una necesidad de las industrias de conservar estos subproductos sin generar costos altos de inversión, por ello la tecnología de secado mediante aire caliente es una de las técnicas de preservación con mayor demanda industrial debido al corto tiempo de secado, idoneidad de la temperatura deseada, flujo de aire constante, bajo costo y fácil operación (Yasmin et al., 2022; Akter et al., 2023). Es una

operación que está presente en el procesamiento de los desechos de la industria de alimentos para transformar los subproductos en polvos estables ante el desarrollo microbiano y reacciones de deterioro (Nguyen et al., 2022; Vega-Gálvez et al., 2009). No obstante, el secado por aire caliente a temperatura no controlada provoca la disminución de polifenoles que guarda relación con los antioxidantes de los subproductos de papa (Nguyen et al., 2022). Por ello, es importante tener cuidado en los parámetros como la temperatura del aire, el caudal másico, las especificaciones del secador y las características del producto. Además, la temperatura óptima del secado mediante aire caliente va a influir en el porcentaje de humedad y los compuestos bioactivos (Muthukumar et al., 2022). Dada la relevancia de los aspectos previamente mencionados se presenta la siguiente problemática: ¿Cuál será el efecto de la temperatura de secado por aire caliente en el contenido de fenólicos totales y capacidad antioxidante de subproducto de la industria de las papas nativas? Y se plantea la hipótesis: La temperatura de secado por aire caliente afecta de manera significativa el contenido de fenólicos totales y capacidad antioxidante de los subproductos de la industria de las papas nativas. Así, el objetivo general de la investigación es evaluar el efecto de la temperatura 50, 60, 70 y 80 °C de secado con aire caliente en el contenido de fenólicos totales y capacidad antioxidante de los subproductos de la industria de papas nativas, asimismo se presentan los objetivos específicos: a) Obtener los subproductos de la industria de papas nativas. b) Determinar la composición proximal del subproducto de papa nativa secado y molido. c) Determinar el contenido de humedad del subproducto de papa nativa secadas a diversas temperaturas. d) Determinar el contenido de fenólicos totales de los subproductos de la industria de papas nativas secadas a diversas temperaturas. e) Determinar la capacidad antioxidante por secuestro de radical DPPH y ABTS de los subproductos de la industria de papas nativas secadas a diversas temperaturas. Además, en este estudio se determinó el contenido de antocianinas totales de los subproductos de la industria de papas nativas secadas a diversas temperaturas. Los resultados de la presente investigación serán compartidos con las empresas involucradas a la transformación de papas nativas en nuevos productos como la industria Agropia ubicada en el región de Junín para su aprovechamiento y conservación de los subproductos una temperatura de secado idónea sin que afecte la concentración de los compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante, así poder explotar este recurso para el creación de innovadores productos alimenticios funcionales y generar nuevas líneas de procesamiento rentables para la industria, permitiendo así la sostenibilidad de la empresa y el medio ambiente

II. Marco Teórico

2.1 Antecedentes

El Perú es un país megadiverso, con muchas especies de flora y fauna, incluyendo a las papas nativas, cultivadas desde la época incaica. Estas papas, con su alto contenido en antioxidantes, han contribuido significativamente a la buena salud y longevidad de la población andina (Rivero et al., 2019). Recientemente, las papas nativas han adquirido un valor considerable para la producción de productos industriales con valor agregado (Andrade-Piedra et al., 2021), lo que ha resultado en la generación de subproductos. Existe un gran potencial para optimizar la utilización de estos subproductos alimentarios, los cuales pueden ser reutilizados para producir alimentos de alto valor agregado. Estos subproductos son fuentes potenciales de compuestos bioactivos con diversas actividades biológicas beneficiosas para la salud (Wu et al., 2022). No obstante, la literatura científica carece de información específica sobre el efecto del secado por aire caliente en los subproductos de la industria de papas nativas. Sin embargo, se han realizado investigaciones acerca de cómo la temperatura de secado mediante aire caliente afecta los compuestos bioactivos en papas tradicionales y de colores.

Según Coruk & Baltacıoğlu (2024), en su investigación **“Optimización de las condiciones de secado con aire caliente de patatas de pulpa morada”**, los resultados demostraron que las temperaturas de secado (55, 65 y 75 °C) y corte de espesor tuvieron un efecto negativo en los polifenoles de la harina que se encontró en el rango (3465,02 a 1482,54 mg GAE/kg peso seco), el cual disminuyó en un 31%. El mismo efecto se presentó en las antocianinas en la harina que se encontró en el rango de (1348,58 a 2767,97 mg de Cyanidin 3 glucoside/kg en peso seco), en el estudio se encontró que la temperatura y de corte de espesor de la rebanada tuvo un impacto significativo en el contenido de antocianinas totales el cual disminuyó un 51%, el estudio también demostró que la cantidad de antocianinas se reduce al incrementar la temperatura y corte de espesor. Con respecto a la capacidad antioxidante se encontró que la papa morada en polvo pasó de 25,19% a 35,17% de inhibición, esto se debe a que la actividad antioxidante aumentó debido al efecto favorable de la baja temperatura y alto espesor de corte para la conservación de los compuestos. De acuerdo con la optimización se descubrió que la temperatura de secado a 55°C, el grosor de las rebanadas a 5.80 mm y el tiempo de escaldado a 4 minutos, son los parámetros adecuados que conservan de mejor manera los compuestos.

Nguyen et al. (2022), en su investigación "**Comprender el comportamiento de secado al aire de los residuos de cáscaras de papa**", se analizaron la cinética del secado mediante aire caliente en los compuestos fenólicos y ácido clorogénico en piel y pulpa de papa variedad Russet bajo diferentes condiciones de temperatura de 50 y 60 °C y velocidades de aire de 0,7 y 1,4 m/s durante un máximo de 6 horas. El contenido fenólico inicial en la cáscara fresca fue de 3,32 mg GAE/g y en la pulpa de 1,55 mg GAE/g. El contenido inicial de ácido clorogénico fue de 4,09 mg/g en cáscara y 0,44 mg/g en pulpa. Los resultados indicaron que el secado causó una disminución importante fenólicos totales en la pulpa y cáscara, con una disminución promedio del 20% al 25%. La pérdida más baja, del 17%, se observó a una temperatura de 60°C con una velocidad de aire de 1.4 m/s durante 120 minutos. En cuanto al ácido clorogénico, su contenido en cáscara y pulpa disminuyó entre un 15% y un 54% debido a su labilidad frente a la oxidación. La menor pérdida, del 17,4%, se observó a una temperatura de 50°C y una velocidad de aire de 0,7 m/s durante 240 minutos en la cáscara, y en la pulpa a una temperatura de 60°C y una velocidad de aire de 1,4 m/s durante 120 minutos. La velocidad del aire fue el factor determinante que influyó en la cinética de secado, mientras que la temperatura del aire jugó un papel importante en la degradación de los compuestos. Además, él estudio indicó que la cáscara de papa presenta un mayor contenido fenólico y capacidad antioxidante en comparación con la pulpa, debido a su composición y características estructurales.

Según Nayak et al. (2011), en su investigación "**Degradación térmica de antocianinas de papa morada (Cv. Purple Majesty) y su impacto en la capacidad antioxidante**", realizaron el secado convectivo de la papa morada a 100, 110, 120, 130, 140 y 150°C, donde observaron que conforme incrementaba el tiempo y la temperatura de secado se generan una mayor degradación de antocianinas de 0,410, 0,344, 0,285, 0,202, 0,084 y 0,044 mg mal-3-glu/g peso seco de muestra. Asimismo, se determinó que la temperatura a 100°C y tiempo de secado de 5 minutos generan una disminución significativa de la degradación de antocianinas quién está asociada a la disminución del color. Con respecto a la capacidad antioxidante a través del método DPPH, la muestra sin secar mostró un valor de 1237 µg TE/g peso seco, sin embargo, las muestras secadas a 110 y 150 °C, presentaron disminución en sus valores de capacidad antioxidante de 1243 a 860 µg TE/g peso seco de muestra, esta disminución se dio porque las antocianinas son componentes termolábiles a las altas temperaturas. Este comportamiento mencionado es comparable al que se obtiene al evaluar la capacidad antioxidante mediante el método ABTS, quién encontró que la

temperatura a 100 °C (1559 µg equivalente de trolox/g de muestra de peso seco) mantiene su poder antioxidante, sin embargo, con el incremento de la temperatura la temperatura hasta los 150°C (1316 µg equivalente de trolox/g de muestra de peso seco), ocurre una degradación del 89 % de antocianinas que guarda relación con la capacidad antioxidante.

Para Moon et al. (2015) en su estudio “**Características de secado y cinética de degradación térmica de dureza, contenido de antocianinas y color en papa de pulpa morada y roja (*Solanum tuberosum* L.) durante el secado con aire caliente**”, se evaluaron mediante un secado a 60, 70 y 80 °C, con tiempos de deshidratación de 420, 300 y 240 minutos respectivamente. El contenido inicial de antocianinas de pulpa morada y pulpa roja fue (24,94 y 13,43 mg/100 gramos), se observó una degradación del 23% de antocianinas totales, donde los resultados demostraron que las velocidades de secado rápido a temperaturas más altas causan daño a los tejidos de la papa coloreada, por ello el autor recomienda que la temperatura óptima de secado debe determinarse basándose en la tasa de cambio en calidad, así como la velocidad de secado.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Papa nativa

La papa nativa ha sido un cultivo esencial en los Andes durante más de 7.000 años, originándose en la región norte del lago Titicaca, en las altitudes elevadas de Perú. En la región de Huancavelica, el cultivo de la papa nativa es una actividad agrícola relevante, con una producción de 2.213.100 hectáreas, lo que representa el 6,1% del territorio de los Andes peruanos, siendo un alimento básico para los habitantes de la región (Egúsqüiza, 2000). Los agricultores andinos cultivan papas nativas a altitudes superiores a los 3.300 m.s.n.m, ya que estas condiciones son óptimas para su desarrollo (Andrade-Piedra et al., 2021). Estudios sobre la composición nutricional han revelado que la papa nativa proporciona cantidades significativas de energía (23,0% - 38,6%), proteínas (28,0% - 57,8%), hierro (4,9% - 16,8%), zinc (7,0% - 45,2%) y calcio (3,2% - 6,2%) (CIP, 2006). Además, la pigmentación de la pulpa de las papas nativas está fuertemente vinculado con su valor nutricional. Las papas nativas de yema morada, crema, amarilla, roja y otros colores proporcionan altos niveles de vitamina B6, B1 y ácido ascórbico. Las papas nativas con pulpa amarilla, anaranjada, crema y violeta contienen niveles elevados de compuestos bioactivos, destacándose los carotenoides y antocianinas (Cárdenas et al., 2022).

Figura 1

Papa nativa de la variedad cacho de toro



Nota. La figura representa la papa nativa variedad cacho de toro de la industria Agropia.

2.2.1.1 Clasificación taxonómica.

El instituto Nacional de Innovación Agraria (2019), realizó la clasificación taxonómica para variedades de papa, los cuales se muestra a continuación:

Filo: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Solanales

Familia: Solanaceae

Género: Solanum

Especie: Solanum tuberosum L.

Subespecie: Tuberosum

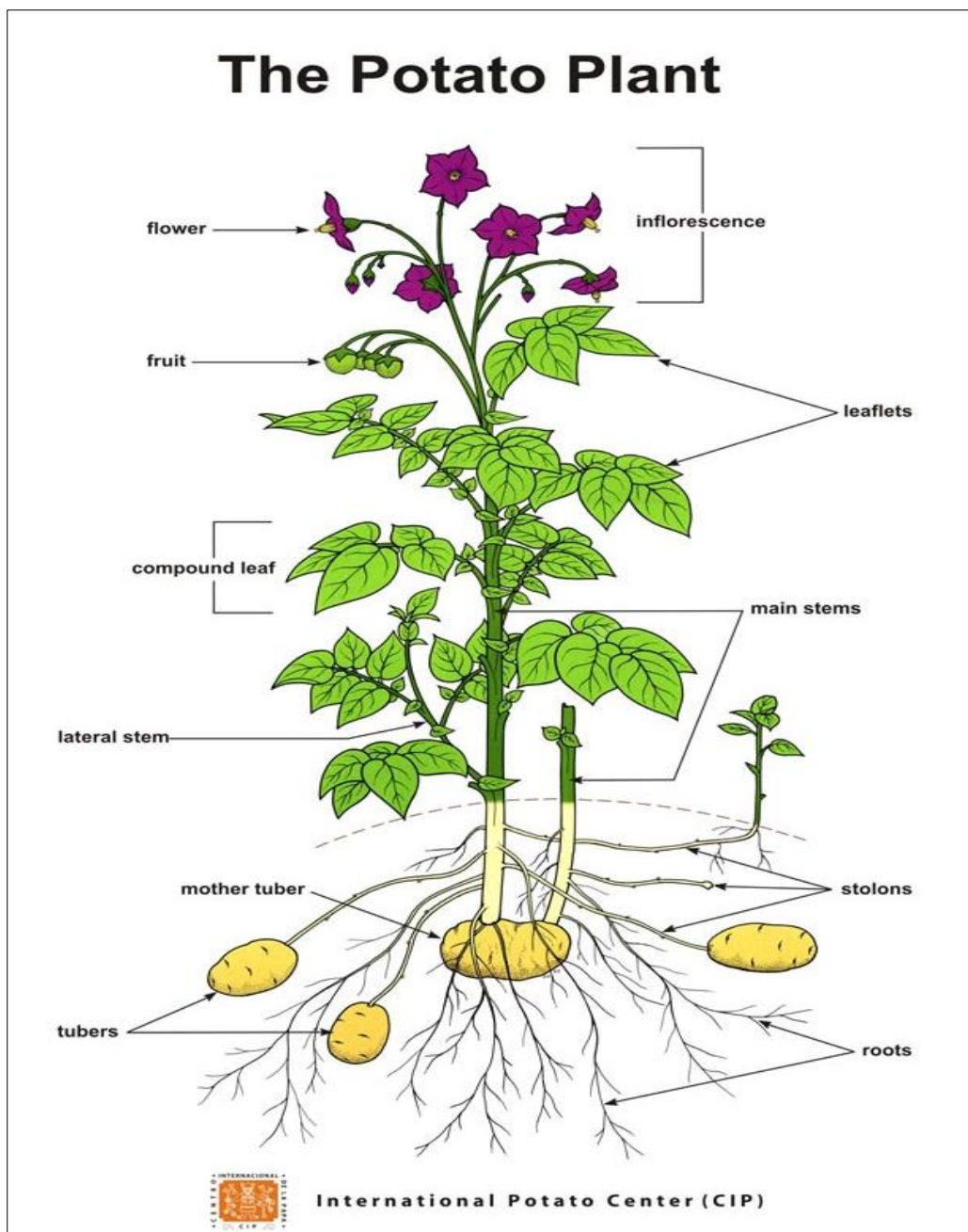
Nombres comunes: papa, patata.

2.2.1.2 Crecimiento de la papa.

La papa se considera una planta perenne que miden alrededor de 100 centímetros (40 pulgadas de alto). Tienen flores de color púrpura, rojo, rosa, azul o blanco con estambres que son de color amarillo. El crecimiento de la papa se clasifica principalmente en cinco etapas. En la primera etapa, la raíz y los brotes comienzan a emerger de las patatas de siembra. En la segunda etapa, la planta desarrolla ramas y hojas; también la fotosíntesis comienza en esta fase. En la tercera etapa, en las axilas de la hoja inferior se desarrollan estolones en el tallo y comienzan creciendo hacia abajo en el suelo. A medida que el estolón se hincha, comienza a desarrollarse un nuevo tubérculo. Durante la cuarta etapa, la planta invierte la mayoría de sus recursos en desarrollar el tubérculo recién formado. En la etapa final de desarrollo, los tubérculos alcanzan plena madurez, mientras que los tallos y hojas se secan hasta en nivel del suelo, provocando el desprendimiento de los nuevos tubérculos de sus estolones. La propagación de la papa se realiza de manera vegetativa, permitiendo que una sola planta madre genere entre 5 y 20 tubérculos nuevos, los cuales son clones genéticos del organismo progenitor. Las papas se pueden cultivar en casi todo tipo de condiciones ambientales hasta los 4700 m.s.n.m. (Sampaio et al., 2020; Sharma et al., 2020).

Figura 2

Partes de la papa



Nota. La figura muestra las partes de la planta de papa. Fuente: CIP (2016).

2.2.1.3 Características morfológicas de las papas nativas.

Las variedades de papa nativa son un grupo diverso de cultivos que se identifican por su gran variedad morfológica, con diferentes colores, tamaños y formas. A continuación, en la Tabla 1, se presentarán las características morfológicas de seis variedades de papa andina, que destacan por sus características únicas y su adaptabilidad a diferentes condiciones de cultivo.

Tabla 1

Principales características morfológicas de las papas nativas con mayor demanda en el sector industrial

Parámetros	Pumapa Makin	Leona	Yawar Manto	Sangre de Toro	Qeqorani	Cacho de toro
Especie	S. <i>tuberosum andigenum</i>	S. <i>tuberosum andigenum</i>	S. <i>tuberosum andigenum</i>	S. <i>goniocalix</i>	S. <i>stenotomum</i>	S <i>tuberosum andigenum</i>
Forma	Dedos oblongos	Redondo	Alargado	Redondo	Oblongo	Oblongo-alargado
Color de piel	Negruzco	Negruzco	Negruzco	Marrón	Marrón pálido	Rojo intenso
Color de Carne	De color amarillo pálido y violeta	Púrpura y manchas de amarillo	Rojo oscuro	Rojo y manchas de amarillo	Violeta y purpura	Amarillo claro
Color predominante de la yema	Púrpura	Púrpura	Rojo	Amarillo con punta roja	Púrpura	Anillo violeta
Color de la flor	Púrpura pálida	Violeta pálido	Blanco con puntos rojos	Rosa intenso	Blanco	Violeta
Color de tallo	Púrpura	Púrpura	Rojo	Rojo	Verde con manchas	Negruzco intenso

Nota. Datos tomados de la investigación realizada por Bellumori et al. (2020) y García-Torres et al. (2022).

2.2.1.4 Composición proximal de las papas nativas.

Los genotipos de papas andinas exhiben una notable biodiversidad en términos sabor del tubérculo, forma y textura. Esta variación fenotípica puede resultar en una variabilidad significativa en la composición proximal de las papas nativas (Bellumori et al., 2020). En la Tabla 2 se muestra la composición proximal de las principales variedades de papa nativa utilizadas en la industria.

Tabla 2*Composición proximal de cinco variedades de papas nativas*

Componentes	Qeqorani	Yawar Manto	Sumaq suncu	Leona	Cacho de toro
Humedad (%)	65,78 ±0,25	72,10 ±0,20	73,70 ±0,18	76,60 ±0,16	69,80 ± 0,19
Proteína (%)	1,30 ±0,31	1,43 ±0,17	1,56 ±0,19	1,24 ±0,23	1,45 ± 0,21
Grasa (%)	0,41 ±0,14	0,44 ±0,19	0,39 ±0,22	0,28 ±0,18	0,44 ± 0,30
Ceniza (%)	0,84 ±0,20	0,75 ±0,13	0,87 ±0,17	0,79 ±0,16	1.1 ± 0,18
Fibra (%)	0,58 ±0,13	0,71 ±0,21	0,62 ±0,18	0,74 ±0,21	0,75 ±0,22
Carbohidratos (%)	31.1±0,15	24,60 ±0,18	22,90 ±0,21	20.30 ±0,22	26,50 ±0,19

Nota. Datos extraídos de la investigación de Ligarda-Samanez et al. (2023).

2.2.1.5 Variedades de papas nativas.

Los agricultores de Huancavelica conservan una notable diversidad de variedades de papa nativa. Estudios previos han documentado la existencia de entre 500 y 600 variedades en la región. La mayor variedad de especies de papa se presenta en *Solanum tuberosum* subsp. andigena, *Solanum goniocalyx* y *Solanum chaucha*, mientras que las variedades más comunes cultivadas son Perricholi, Revolución, Canchan y Yungay (CIP, 2006).

Dentro de *S. tuberosum* subsp. andigena se identifican variedades como Chiqchi Wali, Duraznillo, Pulus, Quichka Matanka, Ankun, Yana Manwa, Payapa, Yutupa Runtun, Muru Gaspar y Yuraq Gaspar. Las variedades pertenecientes a *S. goniocalyx* incluyen Peruanita, Rosas, Allqa Ritipa Sisan, Runtus, Puka Ñawi Pasña, Clavelina y Puka Dosis. Con respecto de la especie *S. chaucha*, las variedades reconocidas son Kuchipa Qallun, Allqa Walas, Puka Murunki, Yana Wayru, Puka Llumchuyy Waqachi, Muru Wayru, Muru Llumchuyy Waqachi y Qillu Wayru (CIP, 2006).

2.2.1.6 Producción de las papas nativas.

En el año 2023, la producción de papa en el departamento de Huancavelica llegó a las 89,000 toneladas, cultivadas en 5,215 hectáreas, lo que representa un rendimiento promedio de 17.15 toneladas por hectárea. (Midagri, 2024). En esta región, el cultivo de papa se realiza en dos campañas agrícolas principales: la michka conocido como campaña menor y el qatun tarpuy conocido como campaña grande. La temporada de la campaña michka se realiza durante en los meses que abarca desde julio hasta agosto, caracterizándose por siembras de menor escala situadas mayormente cerca de fuentes de agua (puquios) o en las proximidades de las viviendas de los agricultores. La siembra se efectúa mediante técnicas de labranza o barbecho, utilizando variedades de papa harinosa con brotación temprana. La cosecha de la producción de esta campaña tiene lugar en los meses de enero, febrero y marzo, coincidiendo con el período en el que los precios del mercado son elevados y las reservas familiares son escasas (CIP, 2006). Por otro lado, la campaña qatun tarpuy se lleva a cabo en extensas áreas de terreno. La siembra comienza en septiembre, octubre y noviembre en zonas de mayor altitud, empleando variedades de papa amargas y arenosas mediante técnicas de barbecho o chacmeo. La cosecha de esta campaña se realiza en mayo, junio y julio, destinándose las papas recolectadas a la comercialización en mercados mayoristas y minoristas (CIP, 2006).

2.2.1.7 Compuestos bioactivos presentes en la papa nativa.

En años recientes, se ha descubierto que las diversas variedades de papas nativas presentan una gran cantidad de compuestos bioactivos, entre ellos los carotenoides, tocoferoles, ácidos fenólicos, antocianinas y flavonoides, aunque su concentración varía en cada papa nativa (Juli y Arias, 2011; Morales et al., 2015; Giusti et al., 2014). Los polifenoles más abundantes en las papas nativas incluyen ligninas, flavonoides, estilbenos, ácidos fenólicos, ligninas y cumarinas (Bravo, 2009; Ross y Kasum, 2002; Manach et al., 2004). En papas nativas con pulpa morada y roja, predominan compuestos como el ácido p-cumárico, ácido protocatéquico el ácido clorogénico y ácido vinílico. Asimismo, los flavonoides presentes comprenden naringenina, eriodictiol, epicatequina, catequina y kaempferol (Brown, 2005). Las antocianinas, un tipo de flavonoide, varían en cantidad según la pigmentación de la papa nativa. Morales et al. (2015) identificaron que la pelargonidina es un compuesto predominante en las papas con pulpa morada y roja, mientras que la malvidina es más frecuente en las variedades con pulpa púrpura. Las papas nativas

son una fuente excepcional de carotenoides, incluyendo neoxantina, zeaxantina, luteína y violaxantina, los cuales se encuentran en mayor cantidad en papas con pulpa de color naranja o amarillo en su pulpa. (De la Penna y Pogson, 2006; Brown et al., 2008; Ezekiel et al., 2013). Las variedades diploides y triploides de papa nativa, presentan un contenido más alto de carotenoides en comparación con las variedades tetraploides, donde los factores ambientales influyen de forma significativa en la variabilidad de la concentración de antioxidantes (Brown et al., 2007). La elevada concentración de antioxidantes en las papas nativas ha sido objeto de estudio por sus beneficios en la salud. Estos antioxidantes contribuyen a la defensa fisiológica contra los radicales libres y ayudan a mantener el equilibrio homeostático, reduciendo así la probabilidad de enfermedades cardiovasculares (Rivero et al., 2019)

2.2.2 *Subproductos alimentarios*

Un subproducto alimentario se define como cualquier material residual o secundario generado durante la producción, procesamiento, preparación o consumo de alimentos que no está destinado originalmente para el consumo humano. Estos subproductos comprenden semillas, cáscaras, raíces, tallos, restos de pulpa, bagazo, entre otros, aunque tienen un gran valor nutricional, son frecuentemente desechados por las industrias (Gómez-García et al., 2021). Actualmente, la valorización de compuestos bioactivos provenientes de subproductos alimentarios es un tema de relevancia en la comunidad científica de alimentos y se considera una opción económicamente viable para las empresas del sector, siempre que se empleen métodos eficaces y sostenibles para su aprovechamiento (Mohammadnezhad et al., 2023). Numerosas investigaciones han evidenciado que los subproductos alimentarios contienen una amplia gama de compuestos bioactivos, incluyendo ácidos fenólicos, flavonoides, antocianinas, carotenoides y vitamina C. Estos compuestos, con propiedades antioxidantes, se han utilizado como ingredientes en la creación nuevos alimentos funcionales (Marcillo-Parra et al., 2021). Además de su diversa gama de actividades biológicas, que incluyen propiedades antioxidantes, antidiabéticas, antihipertensivas, anti-alzheimer, antiproliferativas y antimicrobianas, estos compuestos ofrecen un potencial preventivo significativo contra enfermedades crónicas mediadas por estrés oxidativo, como enfermedades cardiovasculares, oncológicas y neurodegenerativas. Asimismo, representan un mercado potencial considerable debido a su precio accesible, disponibilidad y accesibilidad (Tarchi et al., 2024).

2.2.2.1 Subproductos de la papa nativa

En el Perú, se produce una cantidad significativa de papa que asciende a aproximadamente 6 millones de toneladas al año, incluyendo las papas nativas. Asimismo, se procesan aproximadamente 3,7 millones de toneladas de papa en diversos productos, tales como snacks, licores, purés y papas para frituras, generando una considerable cantidad de subproductos (Midagri, 2018). No obstante, hasta la fecha, no existe información estadística específica acerca de la cantidad de subproductos generados durante la industrialización de las papas nativas, a pesar de que estos subproductos presentan altos niveles de compuestos bioactivos debido a los genotipos de colores que estas variedades poseen. Sin embargo, podemos mencionar que la cantidad de subproductos generados guarda relación con lo manifestado por Rodríguez-Martínez et al. (2021), donde las industrias procesadoras de papa generan grandes volúmenes de residuos, incluyendo cáscaras, productos fritos y partes trozadas. Los subproductos de la papa pueden representar entre el 15% y el 40% del tubérculo, dependiendo del proceso de operación aplicado.

Figura 3

Subproductos de la industria de papas nativas.



Nota. Subproductos de papas nativas de la Cooperativa Agropia generadas a partir de la producción de Snacks.

2.2.2.2 Compuestos bioactivos presentes en los subproductos de papa nativa.

La literatura científica actual presenta una escasez de investigaciones acerca de los componentes bioactivos disponibles en los subproductos de la papa nativa. No obstante, se pueden encontrar estudios relacionados con los subproductos de papas comerciales. Según Sampaio et al. (2021), la cáscara es un subproducto generado durante el procesamiento de la papa que es una fuente rica en fibra dietética, flavonoides, glicoalcaloides, ácidos fenólicos, antocianinas (en variedades coloreadas), aminoácidos esenciales, minerales (calcio, fósforo y hierro) y vitaminas (C, B1, B2, B3). Entre los compuestos fenólicos presentes están los ácidos cafeico, ferúlico y clorogénico, los cuales poseen actividades biológicas bien documentadas, tales como propiedades antioxidantes, antibacterianas, antimicrobianas, apoptóticas, anticancerígenas, quimiopreventivas y antiinflamatorias (Rodríguez-Martínez et al., 2021; Lakka et al., 2020; Akyol et al., 2016; Joshi et al., 2020). Por lo tanto, la recuperación de moléculas bioactivas de estos subproductos representa un área de estudio de gran interés debido a sus diversas propiedades bioactivas y su potencial utilización en el desarrollo de productos alimenticios o como antioxidantes para prevenir la oxidación de los alimentos (Singh et al., 2020). Asimismo, las sustancias bioactivas recuperadas de los residuos de la papa emergen como materias primas favorables para la creación de ingredientes funcionales, con la capacidad de prevenir el daño oxidativo en las células y disminuir las enfermedades degenerativas vinculadas al estrés oxidativo (Jiménez-Champi et al., 2023).

2.2.3 Secado

El secado o deshidratación es una etapa crucial en la producción de alimentos, ya que se busca eliminar el exceso de humedad para evitar el crecimiento de microorganismos y las reacciones enzimáticas que pueden afectar la calidad y seguridad del producto. Además, busca mantener la calidad del producto y evitar su deterioro para su comercialización, almacenamiento o procesamiento (Sabarez, 2016). Asimismo, el secado es un paso previo a la transformación de los alimentos en diversas formas como polvo, rodajas, partículas y snacks (Mowafy et al., 2024). El secado es esencial en la industria de alimentos para la preservación de una gran diversidad de productos alimenticios como cereales, mariscos, productos lácteos, carnes, frutas y verduras (Ramya & Jain, 2016). La

deshidratación es un proceso controlado que se emplea para mantener la composición o crear nuevas características funcionales en los alimentos. Este método se fundamenta en el entendimiento de las propiedades de los alimentos deshidratados, su microestructura, las tecnologías de procesamiento y los mecanismos de secado más avanzados (Akter et al., 2023). Las variaciones en la composición química de los alimentos pueden influir en el proceso de eliminación de agua para conservar su calidad (Arslan et al., 2020). La eficacia del secado de alimentos para mantener su calidad depende del método utilizado, así como de las técnicas de calentamiento, la temperatura y la energía aplicada durante el proceso. Por ello son esenciales estos factores para asegurar la calidad de los alimentos (Arslan y Alibaş, 2024).

2.2.3.1 Secado por aire caliente.

El secado por convección es uno de los procesos más empleados para reducir el contenido de agua de los alimentos. Este método es muy demandado en el sector industrial debido a su corto tiempo de secado, la capacidad de ajustar la temperatura deseada, el flujo de aire constante, su bajo costo y la facilidad de operación (Yasmin et al., 2022; Akter et al., 2023). El secado convectivo funciona eliminando el agua del aire mediante la transferencia simultánea de la temperatura, masa y momento. El calor se transmite a los alimentos mediante el flujo de aire caliente. La energía es transmitida por convección hasta la superficie del producto y después se propaga hacia el centro del producto por difusión, según la característica del producto. Por ello la temperatura del producto se eleva debido al flujo de calor, lo que genera la evaporación del agua (Bezerra et al., 2015). La humedad se desplaza desde la superficie del producto hacia el aire mediante convección en forma de vapor de agua, mientras que desde el interior del producto se traslada a través de difusión, convección o capilaridad. (Ertekin y Firat, 2015). La velocidad a la que un producto se seca y sus propiedades están determinadas de factores externas del proceso, como la humedad, la temperatura del aire, la dirección y velocidad del flujo de aire. Además, la velocidad de secado depende de condiciones internas como la geometría, el espesor, la forma y la estructura del producto. La composición de los frutos y la complejidad de la estructura, junto con la variedad de fenómenos de transporte y la variabilidad biológica, hace que el secado de frutos sea un desafío (Castro et al., 2018). A pesar de estos desafíos, el secado convectivo sigue siendo una operación importante en el procesamiento de desechos de la industria alimentaria, transformando los subproductos en polvos estables contra las reacciones de

degradación y la proliferación de microorganismos (Nguyen et al., 2020; Vega-Gálvez et al., 2009).

2.2.3.1.1 Factores que intervienen en el proceso de secado.

Según Ponce y Rodríguez (2014), al aplicar aire caliente para secar un sólido, se desarrollan los siguientes subprocesos:

- a) **Transferencia de materia:** La transferencia de humedad dentro del sólido se ve afectada por su contenido de humedad, temperatura y naturaleza física.
- b) **Transferencia de calor:** La eficacia de este subproceso está condicionada por factores ambientales como la temperatura, humedad, flujo de aire, área de exposición y el tipo de secador utilizado.
- c) **Temperatura del aire:** La temperatura es un factor esencial durante el secado debido a que su aumento acelera la eliminación de humedad hasta el límite posible. La selección de la temperatura depende del tipo de material a secar; para vegetales, generalmente se utilizan temperaturas de 40 a 70 °C.
- d) **Humedad relativa del aire:** La humedad relativa del aire se expresa como la relación entre la presión de vapor de agua presente y la presión de saturación a una temperatura dada, expresada generalmente en porcentaje (%). A medida que la temperatura se incrementa, la capacidad del aire para absorber humedad tiende a aumentar; lo contrario sucede cuando la temperatura disminuye. La temperatura de secado desempeña un papel crucial en determinar la calidad del producto final, ya que diferentes temperaturas pueden alterar sus propiedades y su relación con la humedad relativa es fundamental. Un calor elevado combinado con una baja humedad relativa puede causar una rápida eliminación de humedad superficial, lo que podría afectar negativamente al producto. Es crucial controlar las velocidades del flujo de aire, y en entornos industriales, se observan humedades relativas típicamente entre el 20% y el 40%.
- e) **Velocidad del aire:** La velocidad del aire en el secador desempeña dos funciones cruciales: por un lado, proporciona la energía necesaria para calentar el agua contenida en el alimento y facilitar su evaporación y, por otro lado, ayuda a eliminar la humedad del material. A medida que la velocidad del aire en el secador aumenta, el proceso de secado del alimento se vuelve más eficiente, y la capa límite entre el material y el aire es un factor clave, ya que un espesor reducido de esta capa facilita una

eliminación más acelerada de la humedad. Además, un flujo de aire turbulento es más eficiente que un flujo laminar en este proceso.

- f) Agua en los alimentos:** El contenido de agua en los alimentos afecta las propiedades físicas, sensoriales y en su susceptibilidad a cambios. Los alimentos se pueden caracterizar según su contenido de humedad, que puede estar presente como agua libre o "ligada". El agua ligada tiene una presión de vapor más baja que el agua libre a la misma temperatura. Por otro lado, el agua libre puede ser retenida en los capilares finos, ser absorbida por las células o paredes fibrosas, o combinarse de manera física o química con el sólido. Esta humedad se encuentra en los espacios vacíos de los alimentos sólidos.
- g) Humedad:** Desde el punto de vista del secado, un alimento se compone únicamente de agua y sólidos secos, que abarcan la suma de todos los componentes sólidos que conforman el alimento (sólidos totales).

2.2.3.2 Ventajas de los alimentos deshidratados.

Los objetivos tecnológicos fundamentales de la deshidratación de alimentos incluyen la conservación a través de la disminución del agua disponible, la disminución de masa y volumen, y la transformación de los alimentos en productos más convenientes. Sin embargo, la temperatura no controlada en la deshidratación trae efectos en la calidad del alimento comprenden daños térmicos y cambios estructurales, especialmente la contracción (Berk, 2018). Los principales objetivos tecnológicos de la deshidratación de alimentos son:

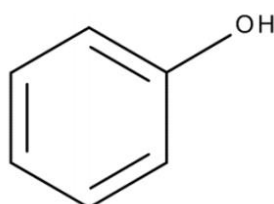
- Conservación del alimento mediante la reducción del agua disponible.
- Reducción del volumen y peso.
- Transformación de alimentos para facilitar su almacenamiento, envasado, transporte y uso, como la conversión de líquidos como leche, huevos, jugos y extractos en polvos secos instantáneos que pueden ser reconstituidos con agua (productos instantáneos).
- Otorgar a un alimento una característica específica y deseable, como un sabor único, textura crujiente o masticable, es decir, crear un nuevo producto alimenticio (por ejemplo, convertir uvas en pasas).

2.2.4 Compuestos fenólicos

Los compuestos fenólicos son moléculas biosintetizadas mediante la vía shikímica, la vía del poliacetato (ácido malónico) o la vía mixta (shikímico-poliacetato). Se destacan por tener un grupo fenol o un grupo hidroxilo funcional en un anillo aromático (García et al., 2015). Estos metabolitos secundarios en las plantas desempeñan un papel crucial para la protección frente a la radiación ultravioleta y el daño por microorganismos patógenos. La clasificación de los compuestos fenólicos se basa en la cantidad de anillos presentes y en los elementos estructurales que unen a los anillos. Además, pueden ser categorizados según su vía de biosíntesis (De la Rosa et al., 2019).

Figura 4

Estructura química de un compuesto fenólico simple.



Nota. *Compuesto fenólico simple.* Fuente: García et al. (2015)

2.2.4.1 Clasificación de los compuestos fenólicos.

Según sus estructuras químicas, los compuestos fenólicos se clasifican en varios subgrupos que incluyen los ácidos fenólicos, lignanos, cumarinas, estilbenos, flavonoides, taninos y lignina, tal como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3

Clasificación de los compuestos fenólicos.

CLASE FENÓLICA	ESTRUCTURA
Fenol simple	C6
Ácido fenólico	C6-C1
Ácido benzoico	
Taninos hidrolizables	(C6-C1) n
Ácido fenil acético	C6-C2

Ácido hidroxicinámico, Cumarinas	C6-C3
Lignanós	(C6-C3) ₂
Benzofenonas, Xantonas	C6-C1-C6
Estilbenos	C6-C2-C6
Flavonoides, Chalconas	C6-C3-C6
Proantocianinas (taninos 4≤n≤11)	(C6-C3-C6) _n

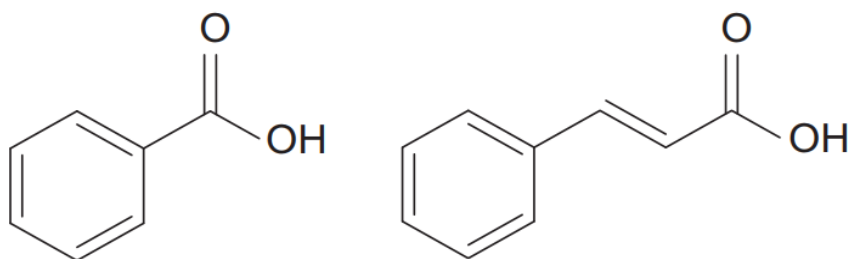
Nota. Principales estructuras de los compuestos fenólicos. Fuente: García et al., (2015).

2.2.4.1.1 Ácidos fenólicos.

Los ácidos fenólicos son una clase compuestos que se originan a través de los ácidos cinámico y benzoico (Figura 5). Los derivados más comunes del ácido benzoico incluyen los ácidos vanílico, gálico, sirínico y p-hidroxibenzoico. Los derivados del ácido cinámico se encuentran los ácidos ferúlicos, cafeico, sinápico y p-cumárico. Estos derivados difieren en el grado de metoxilación e hidroxilación del anillo aromático. En las bayas, el ácido cafeico es el ácido fenólico en mayor cantidad, mientras que el ácido p-cumárico se encuentra en concentraciones menores. En los cereales, el ácido ferúlico representa el 90% del total de ácidos fenólicos (Vincente et al., 2014).

Figura 5

Estructura del ácido benzoico (izquierda) y del ácido cinámico (derecha), precursores de las dos principales clases de ácidos fenólicos presentes en frutas y verduras.



Nota. La figura muestra a los ácidos benzoico y cinámico derivados de los ácidos fenólicos. Fuente: Vincente et al. (2014)

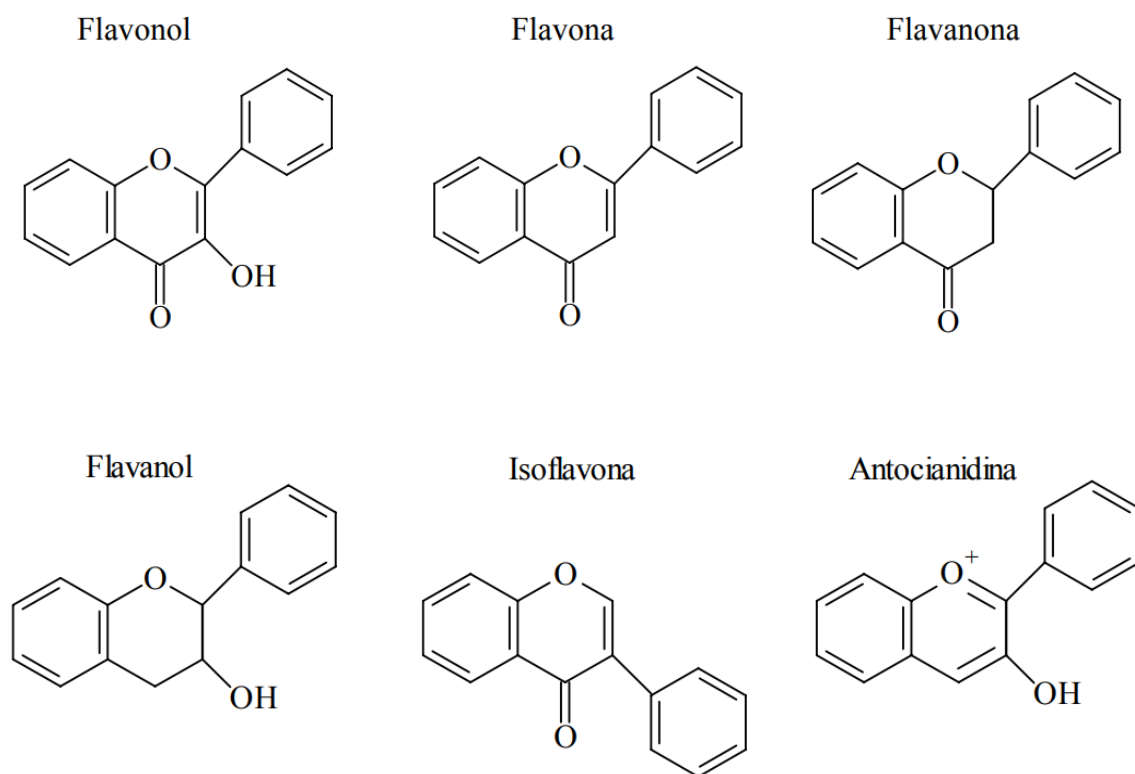
2.2.4.1.2 Flavonoides.

Los flavonoides representan un amplio grupo de compuestos fenólicos, que se distinguen por presentar dos anillos aromáticos enlazados por un heterociclo oxigenado de 3C. Generalmente, se encuentran en forma de glucósidos, los cuales son más solubles que sus correspondientes agliconas y se almacenan en vacuolas. Los flavonoides presentan diversas subclases entre las que se encuentran los flavonoles, flavanonas, proantocianidinas, flavonas y antocianidinas (Gan et al., 2019).

- **Flavonas y flavonoles:** Los flavonoles se distinguen por tener un anillo central de 3-hidroxi-4-pirano, en contraste con las flavonas, que no poseen el grupo hidroxilo en la posición 3. Entre las flavonas más comunes se encuentran la rutina, la luteolina y la apigenina, mientras que los flavonoles predominantes incluyen la quercetina y el kaempferol (Vincente et al., 2014).
- **Flavanonas y flavanoles:** Las flavanonas se distinguen por carecer de un doble enlace en la posición 2 y 3 del anillo central, a diferencia de los flavanoles, que carecen de un grupo carbonilo en dicha posición (Vincente et al., 2014).
- **Isoflavonas:** Las isoflavonas son fitoestrógenos presentes en leguminosas, con los productos de soja como una fuente significativa. Los compuestos isoflavónicos más prevalentes son la genisteína, la gliciteína y la daidzeína (Vincente et al., 2014).
- **Proantocianidinas:** Las proantocianidinas son flavonoides oligoméricos, típicamente dímeros u oligómeros de catequina y epicatequina (Vincente et al., 2014).
- **Antocianidinas:** Las antocianidinas presentan una estructura molecular particular por un núcleo de 2-fenil-benzopirilio, con grupos hidroxilo en la posición C3 del anillo C y en las posiciones 3', 4' y 5' del anillo B. Estos compuestos no oxidados, insaturados y solubles en agua influyen en la coloración de las plantas según el pH. La tonalidad de las antocianinas varía debido a la metilación y acetilación de los grupos hidroxilo en los anillos A y B, junto con el pH. Las principales antocianidinas incluyen cianidina, pelargonidina y malvidina (Çetinkaya et al., 2022).

Figura 6

Estructuras químicas de los flavonoides.



Nota. La figura muestra las principales estructuras químicas de flavonoides. Fuente: Ignat et al. (2011).

2.2.4.1.3 Otros.

Los taninos son una clase de los compuestos fenólicos de alto peso molecular, caracterizados por su elevada astringencia. Estas estructuras poseen la capacidad de unirse a polímeros biológicos, como proteínas y carbohidratos. En las plantas, los taninos se clasifican en dos tipos principales: hidrolizables y condensados. Los primeros son de estructura simple, constituida por unidades de ácido gálico, mientras que los segundos, conocidos como proantocianidinas, son polímeros naturales formados por flavan-3-oles como catequina (+) y epicatequina (-) (Sayed, 2000). Los lignanos son compuestos difenólicos que se crean al unir dos derivados del ácido cinámico, se encuentran en semillas de lino, granos y legumbres, pero no en cantidades significativas en frutas y hortalizas (Vincente et al., 2014). Los estilbenos son metabolitos especializados con una estructura C6–C2–C6 (1,2-difeniletileno) y son biosintetizadas debido a estreses bióticos y abióticos como infecciones microbianas, altas temperaturas y oxidación, además han sido objeto de

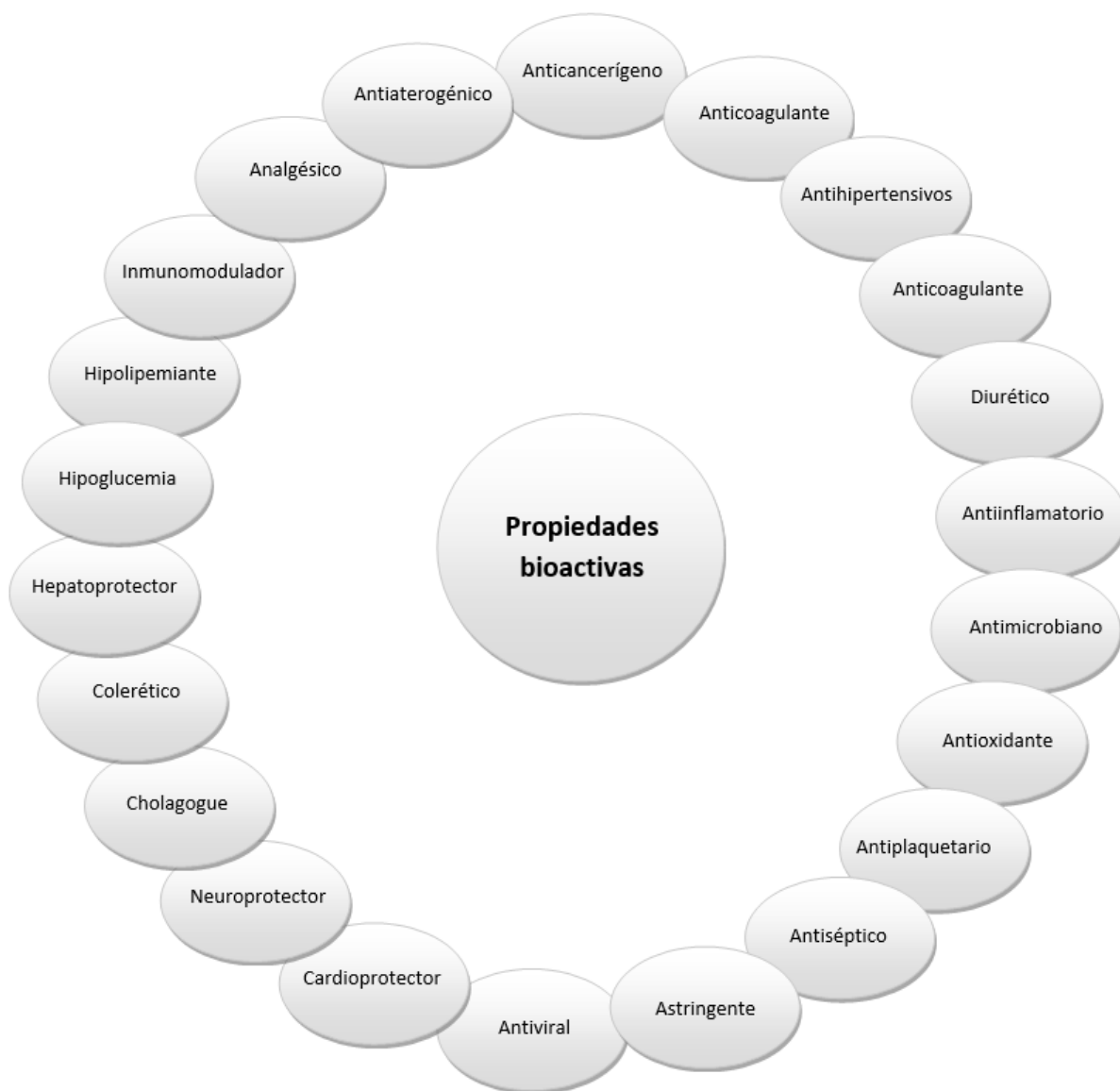
estudios farmacológicos que revelan su diversidad de propiedades biológicas, como efectos antitumorales, antiinflamatorios, antioxidantes, antibacterianos y antivirales. (Teka et al., 2022). La lignina es una estructura tridimensional amorfa y aleatoria que carece de una composición uniforme y bien definida, compuesta principalmente por unidades de fenilpropenilo aromáticas ramificadas de manera aleatoria (Bouhali et al., 2021). Las cumarinas, miembros de las benzopironas, son compuestos fenólicos ampliamente distribuidos y esenciales, con más de 1300 variantes identificadas. Se dividen en seis categorías naturales: cumarinas simples, furanocumarinas, piranocumarinas, biscumarinas, benzocumarinas y cumestanos. Estos componentes se hallan en diversas partes de plantas como aceites esenciales, frutos y semillas, mostrando propiedades farmacológicas como efectos anticancerígenos, antimicrobianos, antipalúdicos, antiinflamatorios y antihipertensivos (Molehin et al., 2023).

2.2.4.2 Propiedades bioactivas de los compuestos fenólicos.

Los vegetales y frutas son alimentos ricos en compuestos fenólicos, cuyos efectos fitofarmacológicos son ampliamente investigados por la comunidad científica (Figura 8). Los productos de origen vegetal desempeñan funciones preventivas y terapéuticos, aunque este último requiere estudios más profundos. Los compuestos fenólicos poseen propiedades bioactivas destacadas, incluyendo efectos antioxidantes, antimicrobianos, anticancerígenos, antiplaquetarios, antiaterogénicos, inmunomoduladores y cardioprotectores (Ferreira et al., 2017). Por ello los compuestos fenólicos han sido ampliamente estudiados por su potencial antioxidante con numerosas matrices naturales y compuestos fenólicos aislados demostrando efectos antioxidantes. Los modos de acción más comunes abarcan la inhibición del estrés oxidativo, la reducción de radicales libres, la reducción de intermediarios oxidativos, la inhibición de la peroxidación lipídica y la quelación de metales (Martins et al., 2015).

Figura 7

Principales propiedades bioactivas atribuidas a los compuestos fenólicos.



Nota. La figura muestra las principales propiedades bioactivas relacionadas a los compuestos fenólicos. Fuente: Ferreira et al. (2017).

2.2.5 Capacidad antioxidante

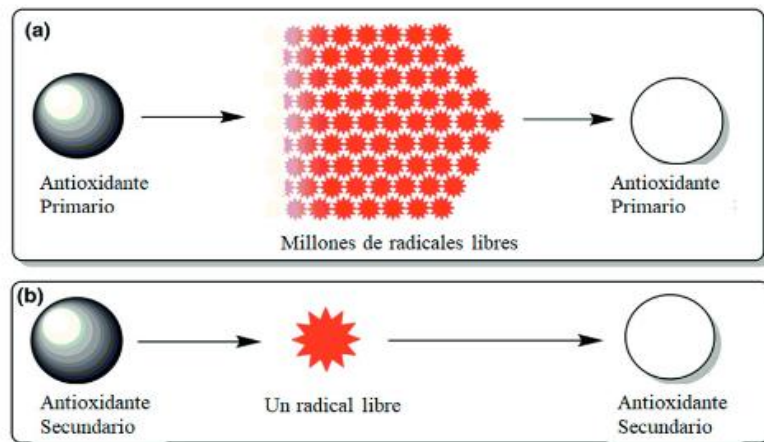
2.2.5.1 Antioxidantes.

Se define antioxidante a la sustancia química que tienen la capacidad de prevenir o controlar la oxidación de un sustrato específico, conocido como sustrato oxidable, pudiendo ser un compuesto orgánico o inorgánico. En el campo de la ciencia de los alimentos, es

considerado antioxidante a cualquier sustancia que, en concentraciones, evitan la oxidación de los compuestos en los alimentos, evitando así el deterioro y prolongando la vida útil (Zeb, 2020). Según su mecanismo de acción, los antioxidantes se dividen en primarios y secundarios (Figura 8). Los antioxidantes primarios actúan neutralizando los radicales libres a través de la donación de un átomo de hidrogeno o solo un electrón. Estos antioxidantes, como los fenólicos, son altamente eficaces y se necesitan en cantidades mínimas para contrarrestar muchos radicales libres, debido a sus altas propiedades catalíticas que les permiten regenerarse fácilmente (Campo-Banguero & Ramírez-Navas, 2021). Por otro lado, los antioxidantes secundarios destacan por su capacidad para desactivar catalizadores prooxidantes. Ejemplos de estos compuestos incluyen agentes quelantes de iones metálicos prooxidantes que incluyen al ácido cítrico (AC) y el ácido etilen-diamino-tetra-acético (EDTA), así también el β -caroteno, tiene la capacidad de mitigar las especies reactivas como el oxígeno singlete. Sin embargo, estos antioxidantes generalmente eliminan un radical libre y generalmente se consumen rápidamente (Campo-Banguero & Ramírez-Navas, 2021).

Figura 8

Reacciones de antioxidantes primarios y secundarios en los alimentos



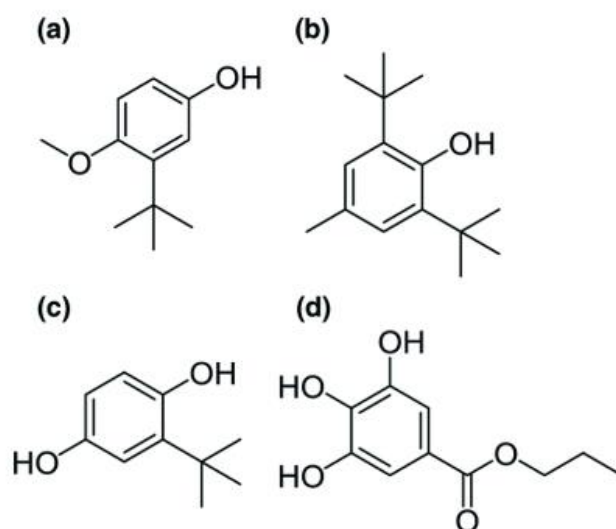
Nota. La figura muestra las reacciones de antioxidantes primarios y secundarios en los alimentos. Fuente: Campo-Banguero y Ramírez-Navas (2021).

Los antioxidantes, tanto primarios como secundarios, pueden ser de origen sintético como el galato de propilo (PG), el butilhidroxitolueno (BHT), butilhidroxianisol (BHA), y la terc-butilhidroquinona (TBHQ) o natural, se emplean para inhibir la oxidación lipídica y prevenir la formación de sabores indeseables mediante la neutralización de radicales libres en los alimentos. A pesar de su eficacia, se ha notado un incremento constante hacia el uso

de antioxidantes naturales derivados de plantas y alimentos, debido a las preocupaciones sobre los posibles efectos adversos y carcinogénicos de los antioxidantes sintéticos en altas concentraciones, según estudios in vivo en modelos animales (Zeb, 2020).

Figura 9

Estructura química de antioxidantes sintéticos utilizados en alimentos.



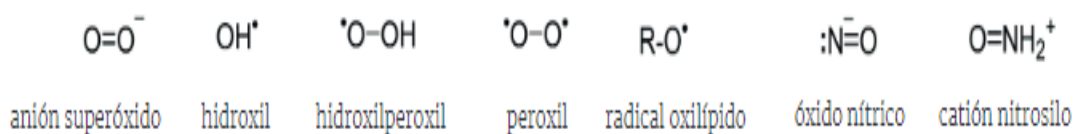
Nota. a) Hidroxilanol butilado (BHA), b) Hidroxitolueno butilado (BHT), c) Tercbutilhidroquinona (TBHQ) d) Galato de propilo (PG). Fuente: Zeb (2020).

2.2.5.2 Radicales libres.

Se considera radical libre (RL) a cualquier átomo o grupo de átomos que poseen uno o más electrones desapareados, lo que les permite existir de manera independiente. La formación de estos radicales libres pueden ocurrir mediante diversos mecanismos, incluyendo reacciones homolíticas, heterolíticas o redox. Los agentes más importantes incluyen ácido nitroso, ozono, óxidos nítricos, peróxido de hidrogeno, oxígeno singlete, hipoclorito, entre otros, que se clasifican como especies reactivas de oxígeno (ROS). Estas sustancias pueden dar lugar a la formación de diversos radicales libres, incluyendo lípidos, anión superóxido, radical hidroxilo, hidropoxi, peroxil, óxido nítrico y catión nítrico (Zeb, 2020).

Figura 10

Estructura química de algunos radicales libres importantes

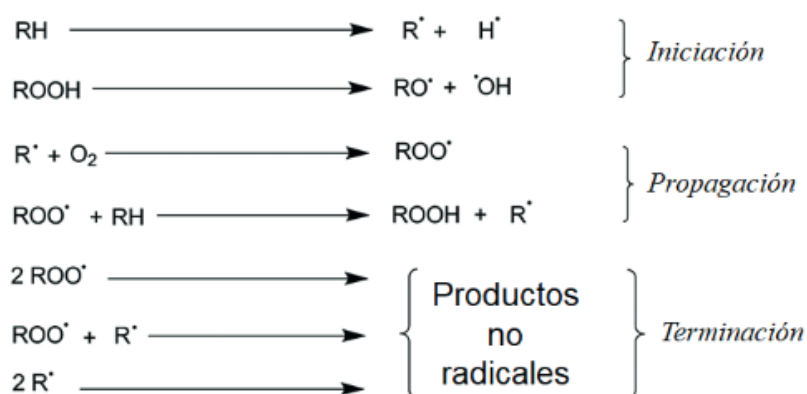


Nota. La figura presenta la estructura de radicales libres relevantes. Fuente: Zeb (2020).

El mecanismo de reacciones de los radicales libres (RL) se inicia con la creación de un radical en la etapa de iniciación, seguida por la propagación, donde este radical ataca otras moléculas. Las etapas finales, denominadas terminación, resultan en la creación de especies neutras o productos no radicales. La creación de radicales libres pueden originarse de diversos sustratos, como lípidos, proteínas, carbohidratos, compuestos orgánicos, inorgánicos o átomos metálicos. Aunque su formación es un fenómeno natural en la bioquímica celular, un exceso de estos puede desequilibrar las vías bioquímicas y causar estrés oxidativo, lo cual se asocia con el envejecimiento y el deterioro de los alimentos. En consecuencia, los antioxidantes son fundamentales para contrarrestar el estrés oxidativo que ocurre cuando hay un desequilibrio en la producción de las especies reactivas de oxígeno (ROS) o una deficiencia de antioxidantes, lo que puede desplazar el equilibrio redox hacia un estado de estrés oxidativo (Gupta et al., 2020).

Figura 11

Reacciones en cadena de radicales libres



Nota. La figura muestra las etapas de iniciación, propagación y terminación de la reacción de los radicales libres. Fuente: Campo-Banguero y Ramírez-Navas (2021).

2.2.5.3 Usos de los antioxidantes en alimentos.

Los antioxidantes desempeñan un papel crucial en la conservación de los alimentos, ya que neutralizan los efectos dañinos de la oxidación provocada principalmente por la exposición a oxígeno y la luz solar. Por tanto, se conserva manteniendo los alimentos en la oscuridad, sellándolos en envases o incluso cubriéndolos con cera, como se hace con los pepinos. No obstante, almacenar productos vegetales en ausencia de oxígeno puede resultar en sabores y colores indeseables debido a que el oxígeno es necesario para su respiración. Los antioxidantes naturales no sólo retrasan o previenen la formación de estas especies reactivas en los productos alimenticios, sino que un mayor consumo de estos antioxidantes naturales también puede disminuir la aparición de procesos oxidativos in vivo, protegiendo así al cuerpo contra diversas enfermedades (Zeb, 2020). Los antioxidantes naturales como el α -tocoferol, la vitamina C y los compuestos fenólicos encontrados en semillas, frutas y verduras, pueden ayudar a prevenir el daño oxidativo asociado a las enfermedades cardiovasculares incluido el cáncer (Cudennec et al., 2012). Los antioxidantes dietéticos actúan mediante múltiples mecanismos como la inhibición a radicales libres en formación y la precaución del daño oxidativo a nivel celular o controlando los niveles de radicales libres una vez que el daño ha ocurrido, mitigando el estrés oxidativo. Pueden añadirse a los productos alimenticios de forma directa o indirecta. Directamente, deben usarse en concentraciones adecuadas para proteger contra la oxidación de lípidos y grasas en el producto final. Indirectamente, algunos productos formulados con ingredientes que requieren protección antioxidante pueden contener antioxidantes añadidos, que se incorporan al producto final (Paseto et al., 2018).

2.2.5.4 Métodos para evaluar la capacidad antioxidante.

En la literatura, se han descrito distintos métodos para evaluar la capacidad antioxidante los cuales varían en su principio, metodología y sensibilidad a diferentes antioxidantes. Por consiguiente, los resultados pueden diferir según el tipo de ensayo empleado. Los ensayos de transferencia de electrones evalúan la capacidad reductora del sustrato, mientras que los ensayos de transferencia de hidrógeno miden la capacidad de donar átomos de hidrógeno. La transferencia de átomos de hidrógeno es fundamental en la reacción en cadena de radicales durante la peroxidación lipídica, lo que hace que los ensayos de transferencia de hidrógeno sean relevantes para evaluar la capacidad antioxidante contra la ruptura de cadenas. La capacidad de atrapar radicales de un compuesto está vinculada con

su sencillas para donar átomos de hidrógeno, y no necesariamente con su potencial redox (Campo-Banguero & Ramírez-Navas, 2021). Los métodos in vitro para evaluar la capacidad antioxidante total comprenden: el Método TEAC (Capacidad Antioxidante Equivalente al Trolox), el Método ABTS (2,2-azino-bis(3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico)), el Método DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazilo) y el Método ORAC (Capacidad de Absorción de Radicales de Oxígeno).

2.2.5.5 Efecto de la temperatura sobre los compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante.

El secado es una técnica de deshidratación utilizada para extraer la humedad en los alimentos a través del calor, generalmente proveniente de aire caliente. Este método preserva los alimentos al inhibir el crecimiento bacteriano y la formación de levaduras, asegurando su estabilidad para su uso posterior (Valarmathi et al., 2017). No obstante, el proceso de secado puede impactar parcial o totalmente la calidad de los productos, afectando sus atributos sensoriales, nutricionales y funcionales. Para lograr una deshidratación eficaz, es fundamental seleccionar la técnica adecuada, especialmente para alimentos de alto valor como frutas y verduras (Onwude et al., 2016). El calor puede provocar la pérdida de compuestos fenólicos sensibles a altas temperaturas, lo que reduce la actividad antioxidante del alimento debido a la activación de enzimas oxidativas, como el polifenol oxidasa y la peroxidasa (López-Vidaña et al., 2016). Sin embargo, en algunos casos, el calor puede aumentar la liberación de compuestos fenólicos vinculados a las matrices alimentarias, mejorando su biodisponibilidad y potencialmente aumentando la capacidad antioxidante. Las altas temperaturas pueden romper las paredes celulares en ciertos alimentos, facilitando la liberación de compuestos bioactivos, lo que favorece la retención de compuestos fenólicos y amplifica su potencial antioxidante (Zia y Alibas, 2021). Sin embargo, es fundamental considerar que el exceso de calor puede provocar una mayor degradación y pérdida de estos compuestos beneficiosos. El impacto de la temperatura mediante aire caliente en los polifenoles y la capacidad antioxidante es complejo y varía según el tipo específico de alimento, las condiciones de procesamiento y la duración del tratamiento térmico. Además, es crucial encontrar un equilibrio óptimo para preservar los compuestos bioactivos, mientras se asegura la calidad del producto final y la seguridad alimentaria (Muthukumar et al., 2022).

III. Metodología

3.1 Reactivos

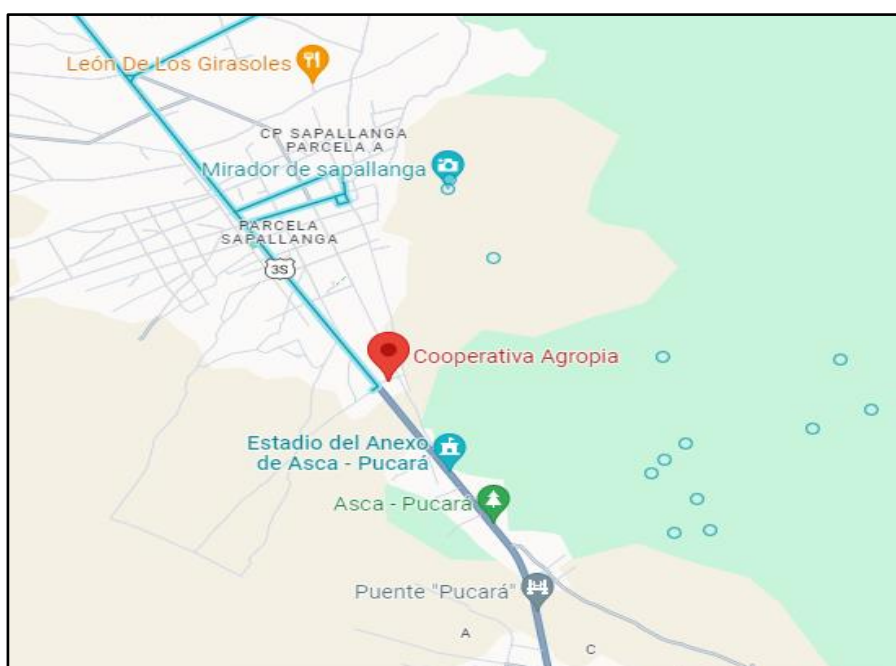
Los reactivos utilizados en esta investigación fueron el 2,2- difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH) (Sigma-Aldrich, Oxford, Inglaterra), reactivo Folin-Ciocalteu (Fisher Chemical, Suecia, Europa), 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromano-2-ácido carboxílico (Trolox) (Sigma-Aldrich, St. Louis, EE. UU), ácido gálico (Sigma-Aldrich, St. Louis, EE. UU), Ácido 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid) (ABTS) (Sigma-Aldrich, St. Louis, EE. UU), carbonato de sodio 7,5% (Sigma-Aldrich, St. Louis, EE. UU), metanol (Merck, Darmstadt, Alemania), Cloruro de potasio (Sigma-Aldrich, St. Louis, EE. UU), Acetato de sodio (Sigma-Aldrich, St. Louis, EE. UU), ácido clorhídrico 2N, alcohol etílico 96%, agua destilada, acetona, etanol 95%, se adquirieron en Productos Químicos, Surquillo, Perú.

3.2 Materia prima y acondicionamiento de subproducto de papa nativa

Los subproductos de la industria de papas nativas de la variedad cacho de toro (10 kg), fueron proporcionados por la industria Cooperativa Agropia ubicada en el distrito de Sapallanga, provincia de Huancayo, región de Junín (Figura 12), en noviembre del 2023.

Figura 12

Ubicación geográfica de la industria Cooperativa Agropia.



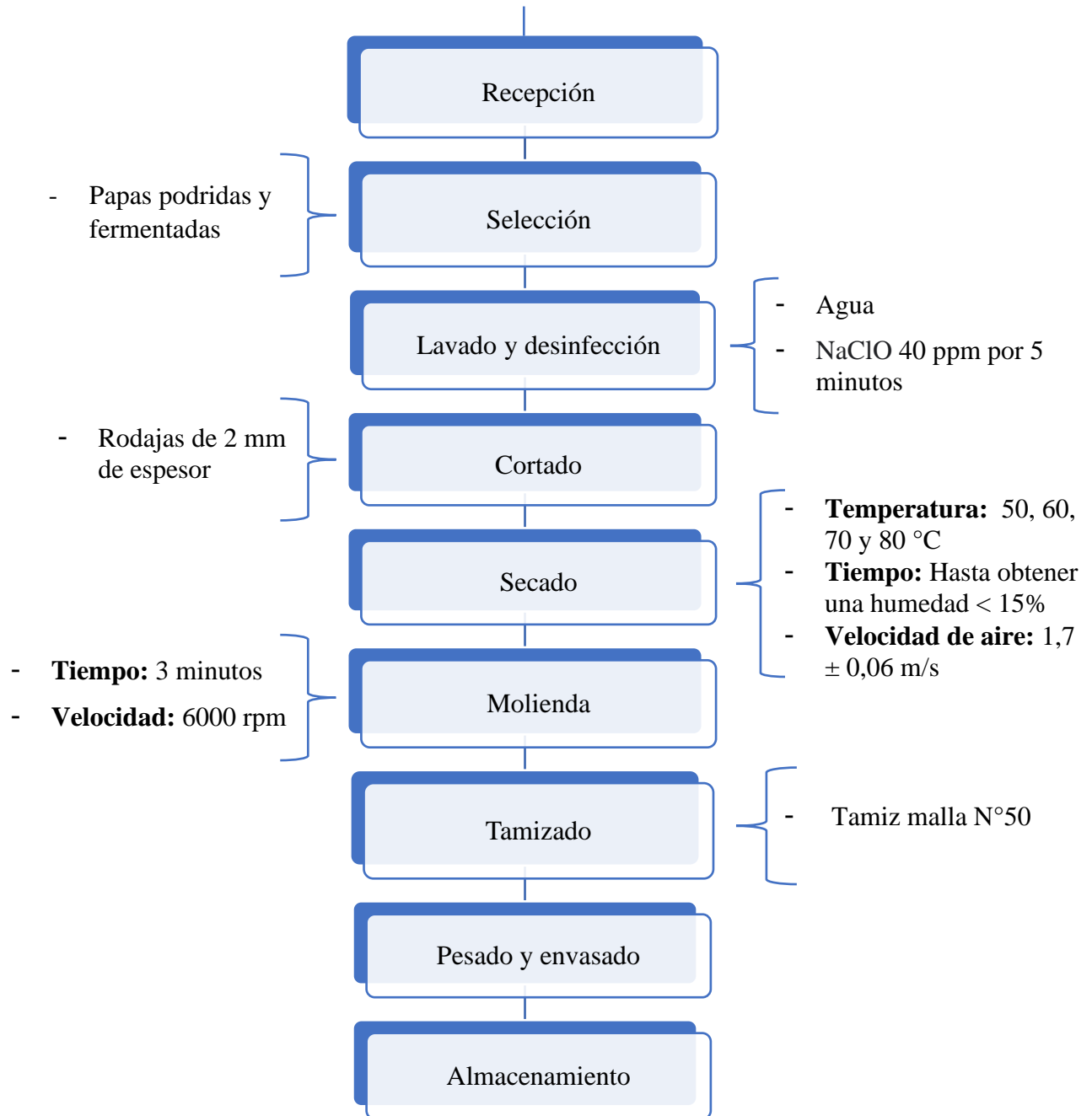
Nota. Empresa procesadora de Snacks de papas nativas Cooperativa Agropia. Fuente: Google Maps (2024).

El acondicionamiento de los subproductos de papa nativa de la variedad cacho de toro fue realizado siguiendo las etapas como selección, lavado, desinfección y cortado (Figura 13). La selección consistió en eliminar residuos de papas deterioradas mediante el uso de un cuchillo, realizando cortes precisos para remover las partes podridas y fermentadas. De este modo, se obtuvo y preservó exclusivamente la parte sana del tubérculo. Posteriormente los subproductos de papa nativa seleccionada fueron lavados mediante agua potable para eliminar impurezas tales como tierra u otros residuos adheridos y la desinfección de los subproductos se realizó empleando hipoclorito de sodio (NaClO) a 40 ppm de concentración según la metodología propuesta por (Wang et al., 2014). Una vez desinfectados los subproductos de papas nativas, se procedió a trozar en forma de rodajas con un espesor de 2 mm.

Figura 13

Diagrama de flujo para obtener subproducto de papa nativa molido.

SUBPRODUCTO DE PAPA NATIVA



Nota. La figura detalla los procedimientos para la obtención de subproducto de papa nativa molido. Finalmente, los subproductos acondicionados pasaron a una etapa de secado.

3.3 Secado de subproducto de papa nativa

Los subproductos de papas nativas de la variedad cacho de toro acondicionadas fueron secados en un deshidratador con aire forzado (Biobase, Shandong, China). La densidad de carga aplicada fue de 300 g por bandeja y las temperaturas de secado fueron de a temperaturas de (50, 60, 70 y 80 °C), con una velocidad de aire de 1,7 m/s \pm 0,06 (Figura 13).

Las temperaturas de 50, 60, 70 y 80°C fueron considerados en función de pruebas preliminares del grupo de investigación y otros estudios realizados según (Coruk et al., 2024; Sethi et al., 2023; Brahmi et al., 2023; Chandramohan & Talukdar, 2016; Moon et al., 2015; Wang et al., 2014).

Los subproductos secados a diferentes temperaturas fueron molidos en un molino de rotor (Fritsch pulverisette, Pittsboro, Estados Unidos), que opero a una velocidad de 3000 revoluciones por minuto (rpm), durante un periodo de 3 minutos. El subproducto molido fue tamizado utilizando un tamiz con malla N°50. Los subproductos deshidratados y molidos de la papa nativa de la variedad cacho de toro fueron pesados con precisión y envasados en bolsas de polietileno de alta densidad, con una cantidad de 100 gr, que fueron almacenadas a temperatura ambiente (Figura 14) hasta los análisis posteriores.

La evaluación de la humedad se realizó en el laboratorio de la Escuela profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo (ver anexo 4). La determinación de la composición proximal del subproducto de papa nativa deshidratada, el contenido de fenólicos totales y la capacidad antioxidante mediante los ensayos DPPH y ABTS, así como el contenido de antocianinas totales, se realizaron en el Instituto de Ciencias de los Alimentos y Nutrición ICAN de la Universidad San Ignacio de Loyola (USIL) (ver anexo 5, 6 y 7), siguiendo los procedimientos que se detallan a continuación.

3.4 Determinación de la humedad del subproducto de papa nativa seco.

La humedad del subproducto de papa nativa de la variedad cacho de toro se determinó mediante el secado a estufa según la metodología descrita de la AOAC (1995). Se secaron aproximadamente 5,0 gramos de muestra a 105°C en un horno de secado (Binder,

Tuttlingen, Alemania), hasta lograr un peso constante y se calculó la humedad a partir de la pérdida de peso registrado. Todos los experimentos se realizaron por triplicado.

3.5 Composición proximal del subproducto de papa nativa secado y molido

El subproducto de la papa nativa de la variedad cacho de toro secada y molida se analizó en cuanto a humedad, ceniza, grasa y fibra mediante los métodos de la AOAC (2023). El contenido de proteínas se determinó mediante el método del Instituto de ciencias de los alimentos y nutrición ICAN. Los carbohidratos de la muestra se determinaron mediante el método de diferencia, que consistía en restar la proteína, la grasa, la ceniza, la humedad y la fibra conforme a la metodología de Reyes et al. (2017).

3.6 Preparación del extracto de subproducto papa nativa secado y molido

La obtención del extracto de subproducto de papa nativa secada y molido se preparó de acuerdo al procedimiento descrito por Ligarda-Samanez et al. (2023) con mejoras. Se extrajeron 250 mg de subproducto de papa nativa molida y se colocaron en tubos Falcon de 15 ml, a los que se añadieron 5 ml de una solución de metanol al 80%. Las muestras se agitaron utilizando un vórtex (Thermo scientific, Massachusetts, Estados Unidos) a 1500 rpm durante 20 minutos. Posteriormente, se sometieron a sonicación con ultrasonido (Branson, Misuri, Estados Unidos) durante 30 minutos a una frecuencia de 40 Hz y una temperatura de 25°C. Las muestras se centrifugaron en una centrifuga (Eppendorf, Hamburgo, Alemania) a 3500 rpm durante 15 minutos. Posteriormente se recuperó el sobrenadante, que se almacenó a -20°C hasta su posterior análisis.

3.7 Determinación del contenido de fenólicos totales del subproducto de papa nativa secado y molido

El contenido de fenólicos totales fue determinado mediante el ensayo colorimétrico de Folin-Ciocalteu de acuerdo al método escrito por Prior et al. (2005). Para ello se extrajo una alícuota de 100 µL previamente diluida en un tubo falcón y se hizo reaccionar con 750 µL de Folin-Ciocalteu (0.2 N). Posteriormente se adiciono 750 µL de carbonato de sodio al 7,5% se dejó reaccionar en oscuridad durante 2 horas. Finalmente se realizaron las lecturas de absorbancia a 765 nm en un espectrofotómetro UV-VIS-NIR (Jasco, Tokio, Japón). Se utilizó una curva estándar de ácido gálico ($y=0.0065x + 0.0367$). Los resultados fueron

reportados en mg de ácido gálico equivalente por kilogramo de subproducto en base seca (mg GAE/kg de subproducto en base seca).

3.8 Determinación de la capacidad antioxidante (DPPH) del subproducto de papa nativa secado y molido

La determinación capacidad antioxidante se realizó usando el método de secuestro del radical DPPH de acuerdo con la metodología establecida por Brand-Williams et al. (1995). Para ello se tomaron una alícuota de 100 μL de muestra y se colocó en un tubo falcón, donde se añadieron 900 μL de reactivo DPPH (100 $\mu\text{mol/L}$) y se hicieron reaccionar en oscuridad por 30 minutos. Después de la reacción, Se midió la absorbancia de las muestras a una longitud de onda de 515 nm utilizando un espectrofotómetro UV-VIS-NIR (Jasco, Tokio, Japón) y se utilizó la curva estándar de trolox ($y=2170.5x + 9.0672$). Los resultados fueron expresados en micro mol de trolox equivalente por gramo de subproducto en base seca ($\mu\text{mol TE/g}$ de subproducto en base seca).

3.9 Determinación de la capacidad antioxidante (ABTS) del subproducto de papa nativa secado y molido

La capacidad antioxidante fue determinada siguiendo la metodología propuesta por Rea et al. (1999). (2011). Para el método ABTS+, se tomarón una alícuota de 100 μL del extracto y 900 μL del radical ABTS (persulfato de potasio (25.4 mmol): ABTS (7 mmol) y se dejaron reaccionar por 30 minutos. Las lecturas fueron realizadas a 734 nm en un espectrofotómetro UV-VIS-NIR (Jasco, Tokio, Japón) y se utilizó una curva estándar de trolox ($y=2579.3x + 10.895$). Por último, los resultados fueron presentados como μmol de trolox equivalente por gramo de subproducto en base seca ($\mu\text{mol TE/g}$ de subproducto en base seca).

Además, en este estudio se determinó el contenido de antocianinas totales de los subproductos de la industria de papas nativas secadas a diversas temperaturas.

3.10 Determinación de antocianinas totales del subproducto de papa nativa secado y molido

Los extractos etanólicos se prepararon utilizando 0.5 g de muestra se introdujo en tubo de ensayo de 15 ml (etanol 95% y ácido clorhídrico al 1%). Se llevó un tratamiento ultrasónico (Branson, Misuri, Estados Unidos) a una temperatura de 45°C, con una potencia de 100 W

durante 30 min. Posteriormente, se centrifugó la muestra en una centrifugadora (Eppendorf, Hamburgo, Alemania) a 5000 rpm durante 5 minutos y finalmente se recogió el sobrenadante. 1 ml de extracto se diluyó con 9 ml de tampón de cloruro potásico y 9 ml de tampón de acetato sódico pH 4,5. Las soluciones diluidas se dejaron a temperatura ambiente durante 1 h. Las lecturas de absorbancia se midieron a 520 y 700 nm en espectrofotómetro UV-VIS-NIR (Jasco, Tokio, Japón). Los resultados se presentaron en base seca como mg Cyanidin-3 glucoside mg por kilogramo de subproducto en base seca (Cyanidin-3 glucoside mg/kg de subproducto en base seca). Este procedimiento se desarrolló siguiendo la metodología de Yin et al. (2016).

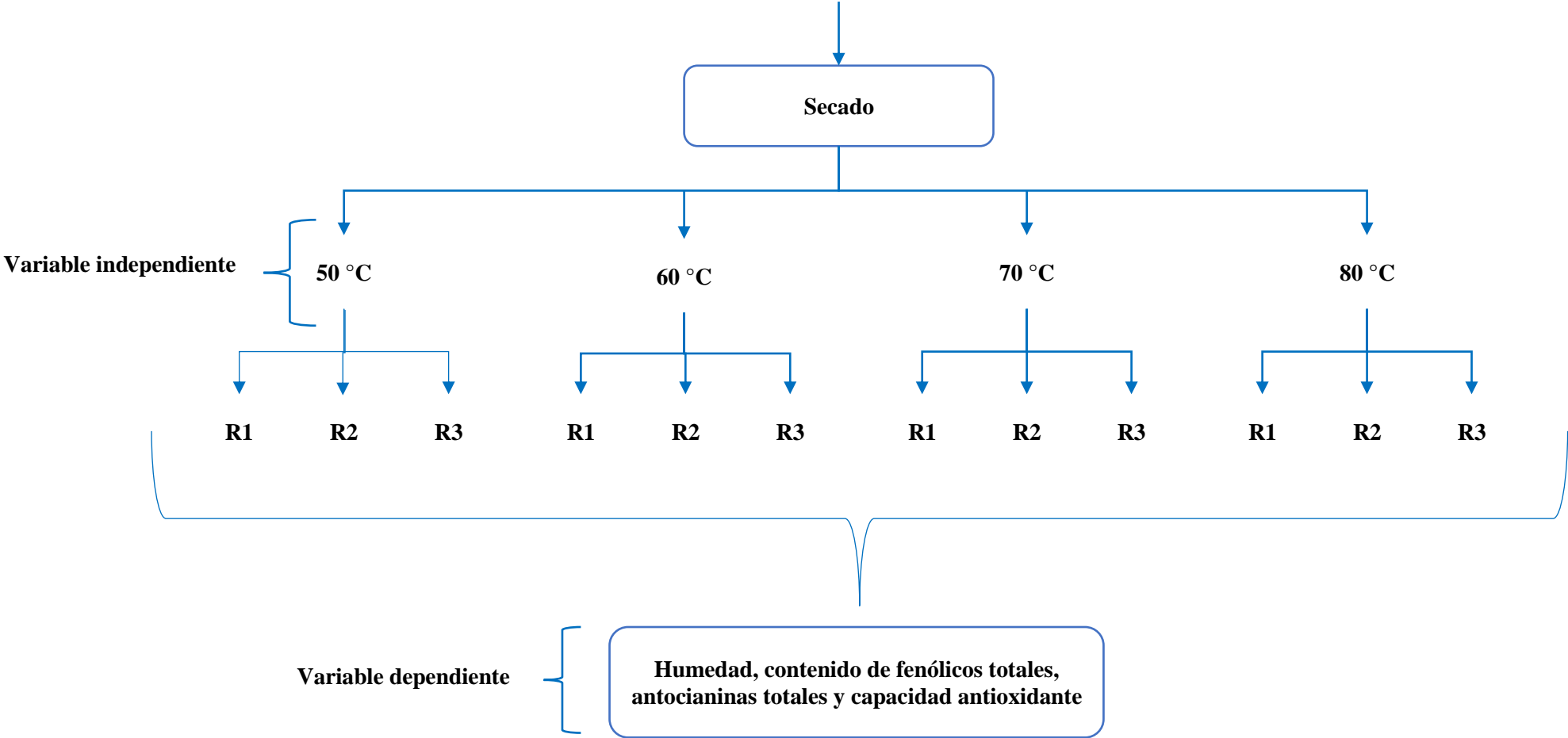
3.11 Diseño experimental

En este estudio se utilizó el Diseño Completamente al Azar (DCA) para evaluar el efecto de la temperatura de secado por aire caliente en el contenido de fenólicos totales, antocianina total y la capacidad antioxidante de subproductos de papa nativa de la variedad cacho de toro. Cada tratamiento incluyó 3 repeticiones sumando un total de 12 unidades experimentales (Figura 14). Como control, se utilizó el secado a temperatura ambiente ($19^{\circ}\text{C} \pm 0,05$).

Figura 14

Diseño experimental del efecto de la temperatura de secado por aire caliente en la humedad, contenido de fenólicos totales (CFT), contenido de antocianinas totales (CAT) y capacidad antioxidante (CA) de subproductos de la industria de papas nativas.

SUBPRODUCTOS DE PAPAS NATIVAS



Nota. La medición de la humedad fue realizada por triplicado; el contenido de fenólicos totales, el contenido de antocianinas totales y capacidad antioxidante fueron realizados por duplicado.

3.12 Análisis estadístico

Todos los datos fueron presentados como promedio \pm desviación estándar. Los datos de humedad, contenido fenólico total, antocianinas totales y capacidad antioxidante fueron analizados mediante análisis de varianza (ANOVA), y prueba de comparación múltiple de Tukey, a un nivel de confianza del 95% para determinar cuál es el mejor tratamiento. Los datos se evaluaron y compararon usando el software Minitab versión 18.

IV. Resultados y Discusión

3.10 Resultados de la composición proximal del subproducto de papa nativa

Los resultados de la composición proximal del subproducto de papa nativa de la variedad cacho de toro secado y molido se sustentan en la Tabla 4.

Tabla 4

Composición proximal de los subproductos de papa nativa secado y molido.

Parámetros	SPN-VCT
Humedad (g/100g)	11,14 ± 0,01
Ceniza (g/100g) **	4,53 ± 0,02
Grasa (g/100g) **	1,41 ± 0,02
Proteína (g/100g) **	8,66 ± 0,01
Carbohidratos (g/100g) **	85,40 ± 0,01
Fibra cruda (g/100g) **	2,13 ± 0,01
Energía (Kcal/100 g)	345.59 ± 0,10

Nota. Subproducto de papa nativa de la variedad cacho de toro (SPN-VCT), datos expresados en base seca (**).

La humedad del subproducto de papa nativa de la variedad cacho de toro presentó el valor de 11,14 %, el cual está ubicado dentro de los límites máximos establecidos por la Norma Técnica Peruana 011.810:2021, que estipula un máximo del 15%. Esta diferencia en la humedad, comparada con el 13,3% reportado para la harina de papa morada en la tabla peruana de composición de alimentos (MINSAL, 2017), puede atribuirse a los métodos de secado realizado. El contenido de ceniza de 4,53% encontrado en este estudio es notablemente superior al 3,7% reportado por la tabla peruana de composición de alimentos (MINSAL, 2017) y al 3,3 ± 0,2% encontrado por Yadav et al. (2006). Estas discrepancias pueden explicarse por las diferentes condiciones de cultivo y procesamiento del tubérculo. El contenido de grasa, de 1,41 g/100 g, también es mayor que los valores reportados por la tabla peruana de composición de alimentos (0,2 g/100 g) y Yadav et al. (2006) (0,3 g/100 g), lo cual podría ser una característica

distintiva de esta variedad. En cuanto al contenido de proteína, los 8,66 g/100 g obtenidos son similares con los 8,7 g/100 g reportados por la tabla peruana de composición de alimentos (MINSA, 2017) y ligeramente inferiores a los 9,3 g/100 g reportados por Yadav et al. (2006). Esto sugiere que el subproducto seco de papa nativa variedad cacho de toro es una fuente adecuada de proteínas, comparable con otras variedades. El análisis de carbohidratos muestra un contenido de 85,40 g/100 g, superior a los 75,5 g/100 g reportados por Yadav et al. (2006) y los 74,1 g/100 g de la tabla peruana de composición de alimentos (MINSA, 2017). Esta diferencia significativa podría ser el resultado de las particularidades de la variedad y las condiciones de procesamiento. Sin embargo, el contenido de fibra de 2,13 g/100 g es considerablemente menor que los 10,2 g/100 g reportados por Yadav et al. (2006), lo cual puede deberse a diferencias en el método de procesamiento o a la propia composición del tubérculo. Finalmente, el contenido energético de 345,59 Kcal/100 g es superior al reportado por la tabla de composición de alimentos (324,0 Kcal/100 g) (MINSA, 2017), pero comparable, indicando que el subproducto seco de papa nativa variedad cacho de toro tiene un perfil nutricional considerable.

3.11 Resultados de la humedad de subproducto de papa nativa seco

Los resultados de la humedad del subproducto de papa nativa de la variedad cacho de toro secado a diversas temperaturas se sustentan en la Tabla 5.

Tabla 5

Contenido de humedad del subproducto de papa nativa de la variedad cacho de toro secada a diversas temperaturas.

Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Humedad (%)	
		Fresco	Secado
50	200	77,03 ± 0,23	9,83 ± 0,08
60	160	77,93 ± 0,52	11,16 ± 0,21
70	140	77,82 ± 0,23	10,96 ± 0,14
80	120	77,21 ± 0,55	9,56 ± 0,41
Ambiente (19 °C ± 0,05)	5760	77,56 ± 0,40	13,20 ± 0,14

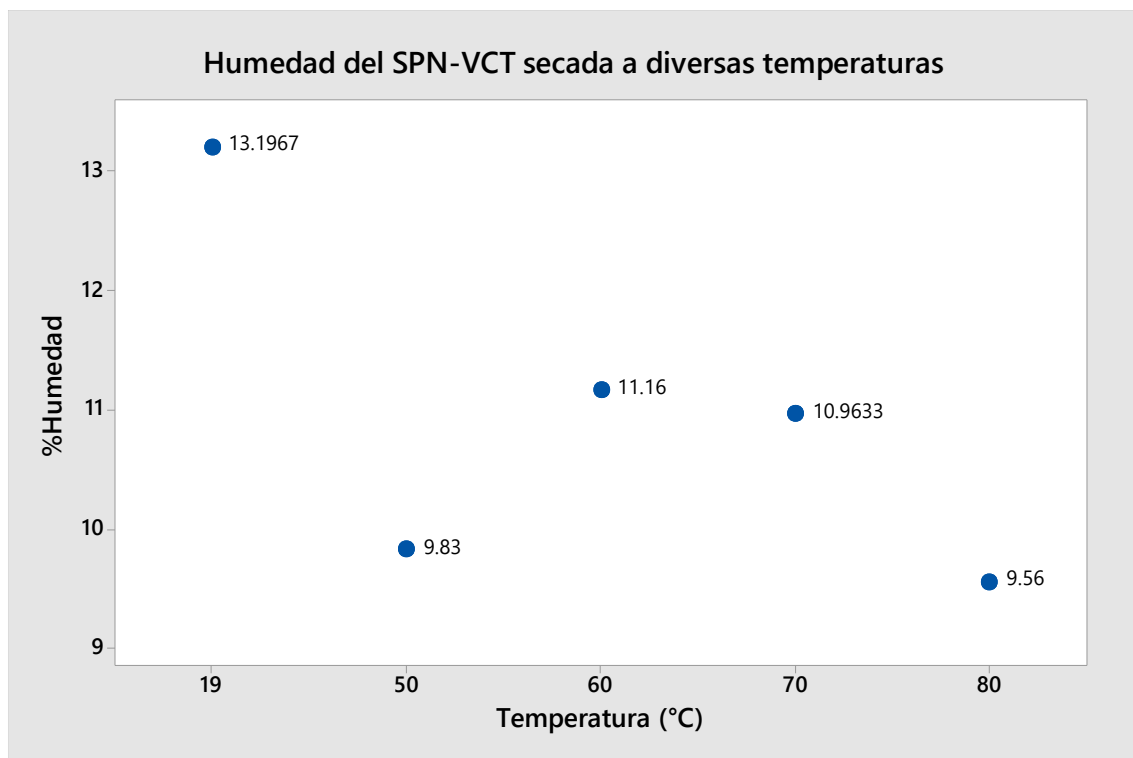
Nota. El secado del subproducto de papa nativa se realizó por triplicado para las diversas temperaturas.

Según la Tabla 5, la humedad del subproducto de papa nativa de la variedad cacho de toro secado a temperatura ambiente (19 °C ± 0,05) obtuvo el mayor porcentaje de humedad, alcanzando un 13,20%. Las temperaturas de secado a 60 y 70 °C mostraron porcentajes de humedad similares (11,16% y 10,20%, respectivamente), mientras que las temperaturas de secado a 50 y 80 °C presentaron un menor contenido de humedad (9,83% y 9,56%, respectivamente). Estos valores cumplen con la Norma Técnica Peruana 011.810:2021, que establece que la humedad de la harina de papa no debe exceder el 15%. Asimismo, estos hallazgos son consistentes con los reportados por Gan et al. (2019), quien, al realizar el secado convectivo en papa de pulpa morada a 65 °C, obtuvo una humedad del 9,6%, valor muy cercano al alcanzado en nuestro estudio a las temperaturas de secado de 50 y 80 °C. El autor explica que las variaciones en los niveles de humedad se deben a que el tiempo de secado, la temperatura y la velocidad del aire afectan directamente la eficiencia del proceso de evaporación del agua, resultando en diferentes niveles de humedad al final del secado. Además, Chandramohan y Talukdar (2016) recomiendan que la humedad de la harina de papa debe ser inferior al 12%, ya que niveles superiores incrementan la probabilidad de proliferación de microorganismos y bacterias que pueden causar la descomposición de la harina. En contraste con nuestros resultados, se puede afirmar que la humedad del subproducto de papa nativa

secada a diversas temperaturas se encuentra por debajo del 12%, lo cual es adecuado para la industria alimentaria. No obstante, la temperatura de secado al ambiente resultó en una humedad del 13%, lo que la hace propensa a alteraciones por microorganismos.

Figura 15

Gráfica del efecto de la temperatura sobre la humedad del subproducto de papa nativa de la variedad cacho de toro.



Nota. Subproducto de papa nativa de la variedad cacho de toro (SPN-VCT).

La Figura 15, muestra que la temperatura de secado al ambiente 19 °C, obtuvo el mayor porcentaje de humedad 13.20%. Las temperaturas de secado de 60 y 70 °C obtuvieron porcentajes de humedad similares (11,16 % y 10,20 %) respectivamente, en contraste con las temperaturas de secado de 50 y 80 que obtuvieron menor porcentaje de humedad (9,83 % y 9,56 %) respectivamente.

4.2.1 Análisis estadístico de la humedad

La Tabla 6 presenta el análisis de varianza de la humedad de subproducto de papa nativa de la variedad de cacho de toro secada a diversas temperaturas.

Tabla 6

Análisis de varianza (Anova) para la humedad

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Temperatura (°C)	4	24,8339	6,20848	119,23	0,000
Error	10	0,5207	0,05207		
Total	14	25,3546			

Los resultados presentados en la Tabla 6 del análisis de varianza, indican que, al considerar un nivel de significancia del 0,05, la interacción con la temperatura tiene un p-valor inferior a 0,05. Esto sugiere que existen diferencias significativas en la humedad del subproducto en relación con la temperatura de secado.

Tabla 7

Prueba de comparación múltiple de Tukey a un nivel de confianza del 95%

Temperatura (°C)	N	Media	Agrupación
60	3	11,16	B
70	3	10,9633	B
50	3	9,83	C
80	3	9,56	C
Ambiente (19 °C ± 0,5)	3	13,1967	A

La prueba Tukey, presentada en la Tabla 7, indica que el subproducto de papa nativa secado a temperatura ambiente (19 °C) presenta el mayor contenido de humedad. Le siguen las temperaturas de 70 °C y 60 °C, que mostraron contenidos de humedad estadísticamente iguales. Las temperaturas de 50 °C y 80 °C presentaron los menores valores de humedad estadísticamente iguales.

3.12 Resultados del contenido de fenólicos totales del subproducto de papa nativa.

La Tabla 8 presenta los resultados con respecto al contenido de fenólicos totales en el subproducto de papa nativa de la variedad cacho de toro, el cual fue sometido a diversas temperaturas de secado.

Tabla 8

Contenido de fenólicos totales en subproducto de papa nativa de la variedad cacho de toro secada a diversas temperaturas.

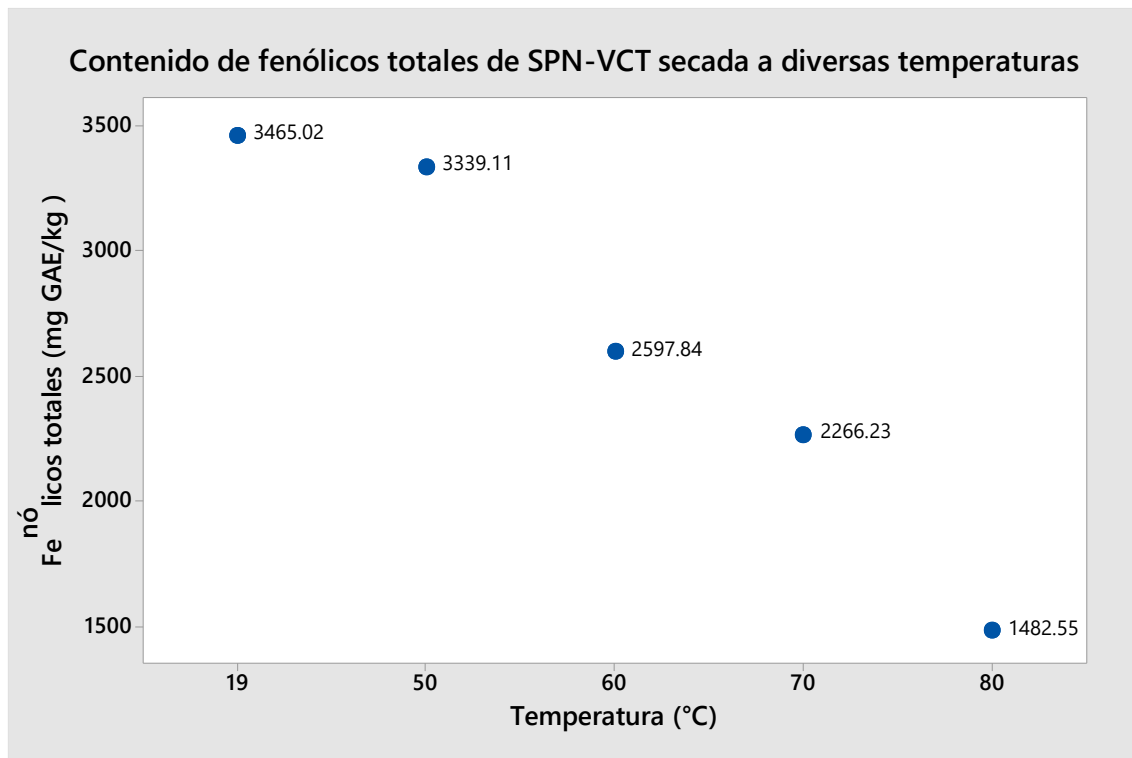
Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Fenólicos totales (mg GAE/kg subproducto en base seca)
50	200	3339,11 ± 24,40
60	160	2597,83 ± 12,41
70	140	2266,23 ± 24,75
80	120	1482,54 ± 12,20
Ambiente (19 °C ± 0,05)	5760	3465,02 ± 38,08

En la Tabla 8 se sustenta el contenido de fenólicos totales del subproducto de papa nativa de la variedad cacho de toro, secadas a temperaturas de 50, 60, 70 y 80 °C, los valores de contenido fenólico total oscila en un rango entre 3339,11 a 1482,54 mg GAE/kg de subproducto en base seca. Estos datos indican que a temperaturas más bajas se preserva una mayor concentración de compuestos fenólicos totales, los cuales disminuyen progresivamente con el incremento de la temperatura de secado. Los resultados de en esta investigación presentan una tendencia similar a la reportada por Coruk y Baltacioğlu (2024), en su estudio sobre el secado de la papa morada a temperaturas de 55, 65 y 75 °C, encontraron que los fenólicos totales variaban entre 3341,80 y 2291,50 mg GAE/kg en base seca, valores que coinciden con los obtenidos en la presente investigación. Además, se observó que la temperatura tiene un impacto negativo en los fenólicos totales, presentando una disminución del 31% al aumentar la temperatura. De igual manera, Nguyen et al. (2022) encontraron que el proceso de secado genera una disminución significativa en los compuestos fenólicos presentes en la carne y piel de los subproductos de papa variedad Ruseet. Estos investigadores notaron

que un tiempo prolongado de secado a temperaturas más bajas y con menor velocidad de aire reduce el impacto negativo de la temperatura, permitiendo una mayor preservación de los fenólicos totales. Otras investigaciones sobre el impacto de la temperatura durante el secado de frutas y vegetales también son congruentes con los hallazgos de esta investigación. López-Vidaña et al. (2016) durante el secado a 40, 50 y 60 °C en el mortiño (*Vaccinium meridionale* Swartz), obtuvieron contenidos fenólicos totales de 6.50, 5.85 y 3.87 mg GAE/g de muestra seca, respectivamente. Los autores atribuyen este comportamiento de la disminución del contenido de fenólicos totales a la activación de enzimas oxidativas, como la peroxidasa y la polifenoloxidasas, durante el proceso de secado, lo que puede provocar la degradación de compuestos fenólicos debido a su naturaleza termolábil frente al tratamiento térmico. De manera similar, Doymaz y Karasu (2018) reportaron que la velocidad de degradación de los compuestos fenólicos en hojas de salvia aumentó significativamente con el aumento de la temperatura, mostrando una disminución en el contenido fenólico de 25.58 mg/g a 15.17 mg/g cuando la temperatura se incrementó de 50 °C a 65 °C. Asimismo, Guiné et al. (2015) durante el secado de peras a 60 y 70 °C reportaron una disminución de los fenólicos totales (3,48 y 3,36 mg GAE/g de materia seca) y una reducción aproximadamente del 40% del contenido fenólico inicial para ambas temperaturas. Estos autores atribuyen esta disminución a la termolabilidad de los compuestos fenólicos, lo que provoca cambios irreversibles en su concentración, fenómeno que puede estar relacionado con la actividad de la polifenoloxidasas, el contenido de ácidos orgánicos, la concentración de azúcares y el pH de la pera. De igual manera en el estudio realizado por De Lima et al. (2022), la cúrcuma sometida a distintas temperaturas de secado (45, 55, 65 y 75 °C) indicaron que la retención de compuestos fenólicos fue óptima a la temperatura más baja de 45 °C, con una cantidad de 0,419 mg GAE/100 g de muestra seca. Sin embargo, al incrementar la temperatura de secado a 75 °C, se detectó una reducción considerable de los compuestos fenólicos, reduciendo su concentración a 0,283 mg GAE/100 g de muestra seca. Estos hallazgos evidencian que durante el secado la temperatura es un factor crítico que daña las propiedades fisicoquímicas y tecnológicas de la harina de cúrcuma. Todas las investigaciones coinciden con lo expuesto por Tonon et al. (2010), quienes sostienen que el incremento de la temperatura conlleva a un rápido deterioro del contenido de fenólicos totales en matrices orgánicas debido a su alta termosensibilidad.

Figura 16

Gráfica del efecto de la temperatura sobre el contenido de fenólicos totales del subproducto de papa nativa de la variedad cacho de toro.



Nota. Subproducto de papa nativa de la variedad cacho de toro (SPN-VCT).

La Figura 16 presenta el contenido de fenólicos totales en relación con las diferentes temperaturas de secado, el resultado muestra que la temperatura de secado a 50 °C es la que mejor conserva el contenido de fenólicos totales, cercano al secado control a temperatura ambiente (Control). La temperatura de secado que más afecta al contenido de fenólicos totales es 80 °C.

4.3.1 Análisis estadístico del contenido de fenólicos totales

La Tabla 9 presenta el análisis de varianza del contenido de fenólicos totales obtenidos mediante el secado a diversas temperaturas.

Tabla 9*Análisis de varianza (Anova) para el contenido de fenólicos totales*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Temperatura (°C)	4	5300192	1325048	2237,75	0,000
Error	5	2961	592		
Total	9	5303153			

La Tabla 9 muestra el análisis de varianza (ANOVA) para el contenido de fenólicos totales, el cual arrojó un p-valor menor a 0,05 para la temperatura, lo que indica que es estadísticamente significativo. Por lo tanto, se puede concluir que la temperatura tiene un efecto significativo en la concentración de compuestos fenólicos totales del subproducto de papa nativa de la variedad cacho de toro.

Tabla 10*Prueba de comparación múltiple de Tukey a un nivel de confianza del 95%*

Temperatura (°C)	N	Media	Agrupación
50	2	3339,1	B
60	2	2597,84	C
70	2	2266,2	D
80	2	1482,55	E
Ambiente (19 ± 0,05)	2	3465,0	A

La prueba Tukey reportado en la Tabla 10 revela que la temperatura de secado a 50 °C preserva de manera óptima los fenólicos totales, con valores comparables a los obtenidos mediante secado a temperatura ambiente. En contraste, la temperatura de 80 °C impacta negativamente de manera más significativa. Por consiguiente, se determina que la temperatura de 50 °C es la más adecuada para el secado, ya que conserva mejor los compuestos fenólicos totales y se aproxima a los valores obtenidos mediante secado a temperatura ambiente (control).

3.13 Resultados de la capacidad antioxidante (DPPH) del subproducto de papa nativa.

En la Tabla 11 se sustentan los resultados de la capacidad antioxidante del subproducto de papa nativa cacho de toro secada a diversas temperaturas, determinada mediante el método DPPH.

Tabla 11

Capacidad antioxidante (DPPH), del subproducto de papa nativa de la variedad cacho de toro secadas a diversas temperaturas.

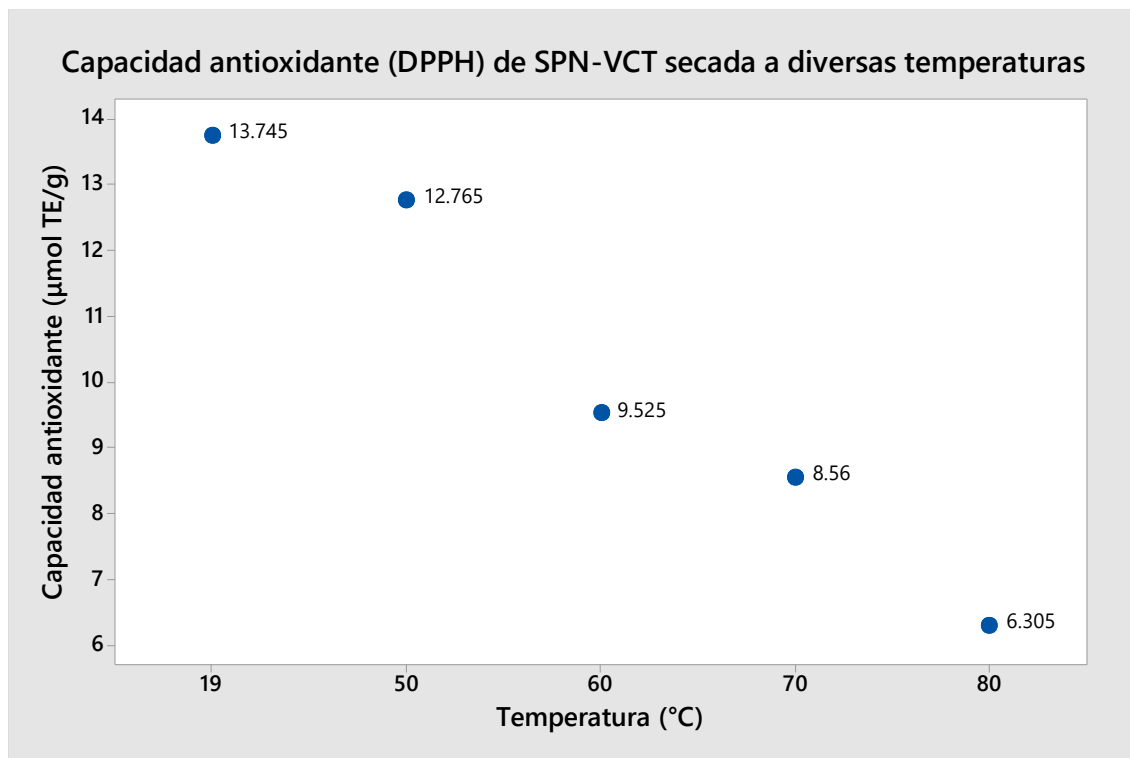
Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Capacidad antioxidante DPPH (μmol
		TE/g de subproducto en base seca)
50	200	12,77 \pm 0,13
60	160	9,52 \pm 0,06
70	140	8,56 \pm 0,10
80	120	6,30 \pm 0,20
Ambiente (19 °C \pm 0,05)	5760	13,74 \pm 0,13

De acuerdo con los resultados presentados en la Tabla 11, la capacidad antioxidante evaluada mediante el método DPPH de subproducto de papa nativa de la variedad cacho de toro, secadas a temperaturas entre 50, 60, 70 y 80 °C, oscilan en un rango entre 12,77 a 6,30 μmol TE/g de subproducto en base seca, estos resultados indican que la actividad antioxidante es mayor a temperaturas más bajas y disminuye conforme aumenta la temperatura de secado. Estos resultados concuerdan con los hallazgos publicado por Nayak et al. (2011), en el cual la papa morada sin secar presentaba una capacidad antioxidante de 1237 μg TE/g en peso seco. No obstante, al someter las muestras a tratamientos térmicos a 110 y 150 °C, se registró una reducción significativa en los valores de la capacidad antioxidante, reduciéndose de 1243 a 860 μg TE/g de muestra en peso seco. Estos hallazgos también se alinean la investigación realizada Nguyen et al. (2022), que evidenció una disminución de la capacidad antioxidante en la pulpa y cáscara de papa variedad Ruseet durante el secado, debido a la labilidad del ácido clorogénico a la oxidación. En particular, la capacidad antioxidante de la cáscara de papa disminuyó entre

un 15% y un 54% a 60 °C, aunque este efecto depende de las condiciones específicas de secado. Estos resultados también son consistentes con el estudio realizado por Coruk y Baltacıoğlu (2024), quienes descubrieron que la harina de papa morada varió de 25,19% a 35,17% de inhibición en la capacidad antioxidante, atribuyendo este incremento a los efectos favorables de las bajas temperaturas de 55, 65 y 75°C en la conservación de compuestos antioxidantes. Por otro lado, diversos estudios han investigado el efecto de la temperatura de secado por aire caliente en la capacidad antioxidante de vegetales y frutas, obteniendo resultados congruentes con esta investigación. Doymaz y Karasu (2018) observaron que la capacidad antioxidante de las hojas de salvia fresca era de 23 mmol/g de Trolox, la cual disminuyó al aumentar la temperatura de secado, alcanzando 18,08 mmol/g de Trolox a 50°C y 12,05 mmol/g de Trolox a 65°C. Esta reducción se atribuye a la termolabilidad de los compuestos fenólicos, por lo que los autores recomiendan secar las hojas de salvia a bajas temperaturas para preservar sus compuestos sensibles al calor y mantener su actividad antioxidante. En otro estudio, Muthukumar et al. (2022) revelaron que el contenido de antioxidantes alcanzó su punto máximo a una temperatura de 60°C (81,06%). Asimismo, se observaron una disminución significativa en el contenido de antioxidantes al aumentar la temperatura a 80°C, con una reducción del 72%. De igual manera, Demarchi et al. (2013) reportaron que la retención de la capacidad antioxidante en la cáscara de manzana disminuyó de 16,2% al secarse a 50°C hasta 6,4% al secarse a 70°C. Aunque el tiempo de secado a temperaturas elevadas fue menor, la capacidad antioxidante se redujo significativamente. En otro estudio, De Lima et al. (2022) evaluaron el impacto de diversas temperaturas de secado en la cúrcuma (45, 55, 65 y 75°C). Los resultados indicaron que a 45°C se preservó una capacidad antioxidante de 36,55 μmol Trolox/g de muestra seca y que la composición química de la harina mostró mejores parámetros. Sin embargo, cuando se incrementó la temperatura hasta los 75°C, la capacidad antioxidante disminuyó notablemente a 8,64 μmol Trolox/g de muestra seca. Estos hallazgos también son consistentes con el presente estudio.

Figura 17

Gráfica del efecto de la temperatura sobre la capacidad antioxidante (DPPH) del subproducto de papa nativa de la variedad cacho de toro.



Nota. Subproducto de papa nativa de la variedad cacho de toro (SPN-VCT).

La figura 17 muestra los resultados de la capacidad antioxidante en función de las diferentes temperaturas de secado. Se evidencia que la muestra secada a 50 °C conserva de mejor manera la capacidad antioxidante con un valor cercano al secado a temperatura ambiente (control). En contraste, la temperatura de 80 °C es la que más deteriora la capacidad antioxidante.

4.5.1 Análisis estadístico para la capacidad antioxidante (DPPH).

En la tabla 12 se presenta el análisis de varianza de la capacidad antioxidante (DPPH) determinada mediante el secado por aire caliente a diversas temperaturas.

Tabla 12*Análisis de varianza (Anova) para la capacidad antioxidante DPPH*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Temperatura (°C)	4	74,921	18,7302	1059,4	0,000
Error	5	0,0884	0,0177		
Total	9	75,0094			

El análisis de varianza (ANOVA) presentado en la Tabla 12, con un nivel de significancia de 0,05, revela que la temperatura de secado presenta un p-valor menor a 0,05. Esto constituye una evidencia clara de que hay diferencias significativas con respecto a la capacidad antioxidante de las muestras secadas a diversas temperaturas. Por lo tanto, se puede concluir que la temperatura de secado influye significativamente en la capacidad antioxidante del subproducto de papa nativa de la variedad cacho de toro.

Tabla 13*Prueba de comparación múltiple de Tukey a un nivel de confianza del 95%*

Temperatura (°C)	N	Media	Agrupación
50	2	12,765	B
60	2	9,525	C
70	2	8,56	D
80	2	6,305	E
Ambiente (19 °C ± 0,05)	2	13,745	A

En la Tabla 13, el análisis de Tukey revela que la temperatura de secado a 50 °C, conserva una capacidad antioxidante significativamente alta, comparable con la obtenida al secar a temperatura ambiente (19 °C). En contraste, la temperatura de 80 °C se identifica como la más perjudicial para la capacidad antioxidante. Por consiguiente, para optimizar la conservación de la capacidad antioxidante, se considera adecuado el secado a 50 °C, ya que esta temperatura mantiene los valores antioxidantes más cercanos a los observados con el secado a temperatura ambiente (control).

3.14 Resultados de la capacidad antioxidante (ABTS) del subproducto de papa nativa.

En la tabla 14 se presentan los resultados de la capacidad antioxidante medida por el método ABTS del subproducto de papa nativa de la variedad cacho de toro secadas a diversas temperaturas.

Tabla 14

Capacidad antioxidante (ABTS), del subproducto de papa nativa de la variedad cacho de toro secado a diversas temperaturas.

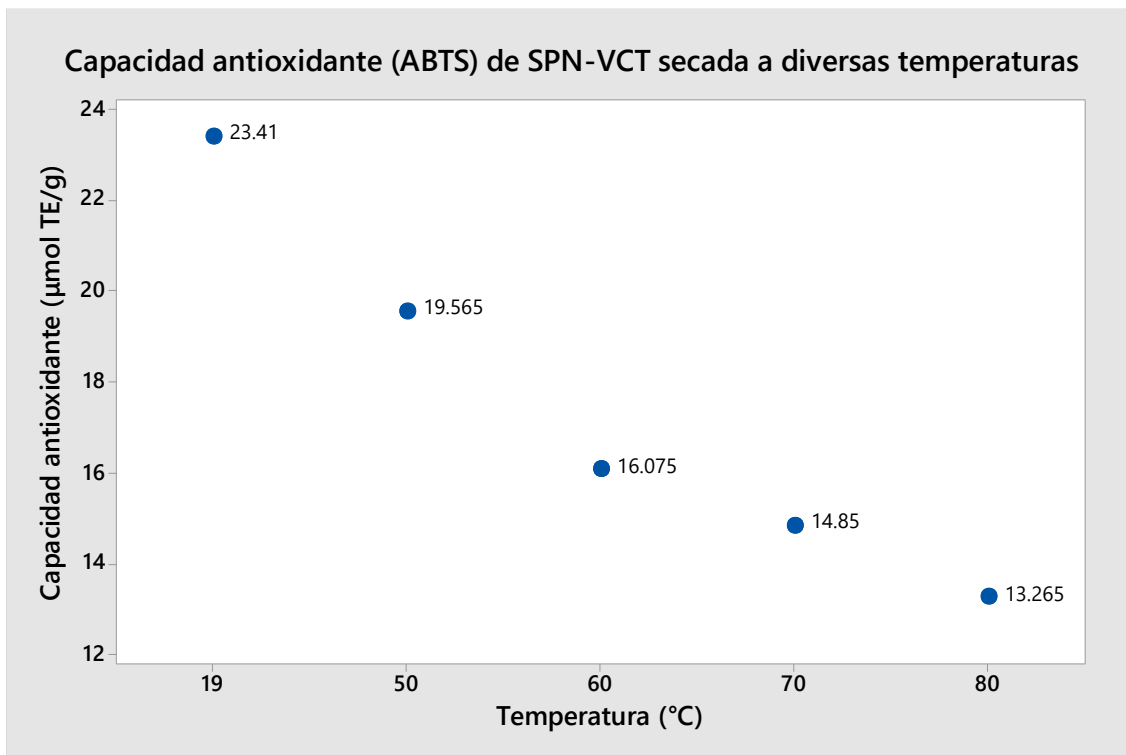
Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Capacidad antioxidante ABTS ($\mu\text{mol TE/g}$ de subproducto en base seca)
50	200	19,56 \pm 0,08
60	160	16,07 \pm 0,03
70	140	14,85 \pm 0,47
80	120	13,26 \pm 0,34
Ambiente (19 °C \pm 0,05)	5760	23,41 \pm 0,15

Según los resultados presentados en la Tabla 14, la capacidad antioxidante medida mediante el método ABTS de subproducto de papa nativa de la variedad cacho de toro, secadas a temperaturas entre 50, 60, 70 y 80 °C, oscilan en un rango entre 19,56 a 13,26 $\mu\text{mol TE/g}$ de subproducto en base seca. Estos valores indican que a menor temperatura se preserva una mayor capacidad antioxidante, mientras que a temperaturas más altas de secado provocan una degradación de los antioxidantes. Estos hallazgos están en acuerdo con la investigación realizada por Nayak et al. (2011), quienes observaron que la papa morada secada a temperaturas de 100 a 150°C experimentó una reducción en la capacidad antioxidante. Específicamente, a 100°C (1559 μg equivalentes de Trolox/g de muestra de peso seco) se mantuvo la capacidad antioxidante, pero al incrementar la temperatura a 150°C (1316 μg equivalentes de Trolox/g de muestra de peso seco), se observó una degradación del 89% de antocianinas, lo cual se correlaciona directamente con la reducción en la capacidad antioxidante. Por otro lado, diversos estudios han abordado el impacto de la temperatura de secado por aire caliente en la

capacidad antioxidante de frutas y vegetales, obteniendo resultados que se correlacionan con los de la presente investigación. Jeong et al. (2015) reportaron que el secado por aire caliente de hojas de camote mostró una reducción en el contenido de taninos de 10,87 mg/g a 40 °C a 7,28 mg/g a 70 °C, y una reducción en el contenido total de flavonoides de 55,37 mg/g a 40 °C a 39,63 mg/g a 70 °C. Además, la capacidad de eliminación de radicales ABTS alcanzó el 80% a 40 °C, mientras que fue menor a 70 °C. Esto sugiere que el efecto antioxidante del secado es mayor a bajas temperaturas, lo que resulta en una menor disminución de los compuestos bioactivos. De manera similar, Wojdyło et al. (2013) observaron en su estudio en guindas que la capacidad antioxidante disminuyó con el aumento de la temperatura de secado. Se encontró una mayor reducción en guindas secadas a 70 y 60 °C, con capacidades antioxidantes del 51% y 57%, respectivamente, en comparación con el 75% obtenido a 50 °C. Los autores concluyeron que la exposición prolongada a altas temperaturas puede destruir algunos compuestos fenólicos, provocando una pérdida significativa de actividad antioxidante. Asimismo, Youssef y Mokhtar (2014) en su estudio sobre hojas frescas de *Portulaca oleracea* encontraron valores de 147,78 μmol de Trolox por 100 g de peso seco, con una alta capacidad antioxidante del 53,23%. Sin embargo, el secado causó una disminución significativa en los fenólicos totales, los flavonoides y la capacidad antioxidante, reduciendo estos compuestos alrededor del 54%. De igual manera, De Oliveira et al. (2023) en su investigación notaron que la temperatura de secado influyó significativamente en la capacidad antioxidante. En la prueba ABTS, las harinas de cáscara y semilla de granada mostraron valores elevados a 50 °C (207,83 y 7,93 $\mu\text{mol TE/g}$ de muestra seca). Sin embargo, al aumentar la temperatura a 70 °C, la capacidad antioxidante disminuyó (145,92 y 5,40 $\mu\text{mol TE/g}$ de muestra seca). El autor sugiere que este comportamiento podría indicar que la capacidad antioxidante no depende exclusivamente de los compuestos fenólicos, sino que otros compuestos bioactivos también pueden influir en ella. Estos hallazgos de las diferentes investigaciones sobre el efecto de la temperatura en la capacidad antioxidante son congruentes a lo mencionado por Lopez- Vidaña et al. (2017), quienes manifiesta que la tendencia decreciente de los antioxidantes debido al secado puede deberse a la destrucción de compuestos biológicamente activos, lo que conduce a una descomposición química, enzimática o térmica.

Figura 18

Gráfica del efecto de la temperatura sobre la capacidad antioxidante (ABTS) del subproducto de papa nativa de la variedad cacho de toro.



Nota. Subproducto de papa nativa de la variedad cacho de toro (SPN-VCT).

La figura 18 presenta los resultados de la capacidad antioxidante en relación con las distintas temperaturas de secado. Se observa que las muestras sometidas a una temperatura de secado de 50 °C conserva de mejor manera la capacidad antioxidante con un valor cercano a la temperatura ambiente (Control). En contraste, la temperatura de secado de 80 °C resulta ser la más perjudicial para la capacidad antioxidante.

4.6.1 Análisis estadístico para la capacidad antioxidante (ABTS).

En la tabla 15 se presentan los resultados del análisis de varianza para la capacidad antioxidante (ABTS), obtenidos mediante el secado por aire caliente a diferentes temperaturas.

Tabla 15*Análisis de varianza (Anova) para la capacidad antioxidante ABTS*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Temperatura (°C)	4	132,316	33,0791	465,18	0,000
Error	5	0,356	0,0711		
Total	9	132,672			

En la tabla 15 se expone el análisis de varianza (ANOVA) para la capacidad antioxidante evaluada mediante el método ABTS. Los resultados muestran que el p-valor asociado a la variable temperatura de secado es inferior al nivel de significancia de 0,05, lo cual indica que los efectos de dicha variable son estadísticamente significativos.

Tabla 16*Prueba de comparación múltiple de Tukey a un nivel de confianza del 95%*

Temperatura (°C)	N	Media	Agrupación
50	2	19,565	B
60	2	16,075	C
70	2	14,85	D
80	2	13,265	E
Ambiente (19 °C ± 0,05)	2	23,41	A

En la Tabla 16, la prueba de Tukey revela que la temperatura de secado a 50°C conserva una capacidad antioxidante significativamente alta, comparable con la obtenida al secar a temperatura ambiente (19°C). En contraste, la temperatura de 80°C se identifica como la más perjudicial para la capacidad antioxidante. Por consiguiente, para optimizar la conservación de la capacidad antioxidante, se propone el secado a 50°C, ya que esta temperatura mantiene los valores antioxidantes más cercanos a los observados con el secado a temperatura ambiente (control).

Además, en esta investigación se presentan los resultados obtenidos del contenido de antocianinas totales de los subproductos de la industria de papas nativas secadas a diversas temperaturas.

3.15 Resultados del contenido de antocianinas totales del subproducto de papa nativa

Se evaluó el contenido de antocianinas totales del subproducto de papa nativa de la variedad cacho de toro secada a diversas temperaturas, los cuales se muestran en la tabla 17.

Tabla 17

Contenido de antocianinas totales del subproducto de papa nativa de la variedad cacho de toro secadas a diversas temperaturas.

Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Antocianinas totales (Cyanidin-3 glucoside mg/kg de subproducto en base seca)
50	200	673,08 ± 5,14
60	160	600,76 ± 10,43
70	140	494,25 ± 2,15
80	120	345,51 ± 3,74
Ambiente (19 °C ± 0,05)	5760	482,01 ± 10,01

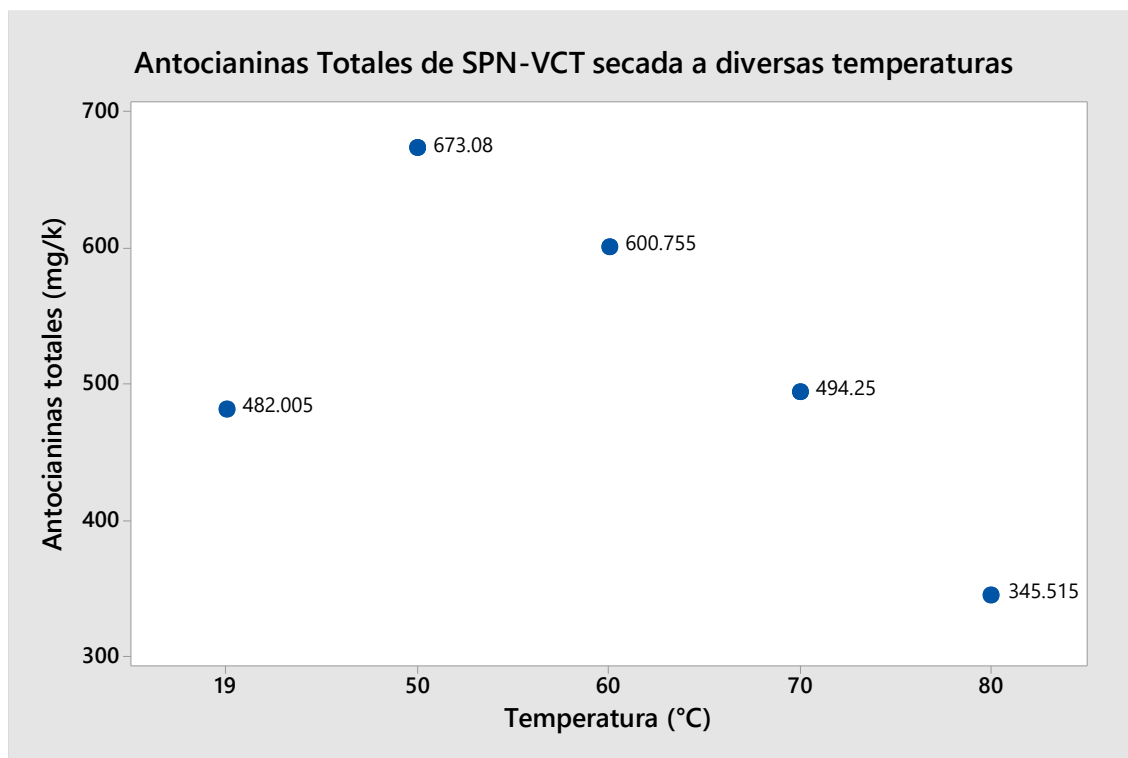
Según los resultados obtenidos en la Tabla 17, el contenido de antocianinas totales de subproducto de papa nativa de la variedad cacho de toro, secadas a temperaturas entre 50, 60, 70 y 80 °C, oscilan en un rango entre 673,08 a 345,51 mg de cianidina-3-glucósido/kg de subproducto en base seca. Estos resultados indican que las temperaturas más bajas conservan mejor las antocianinas totales, las cuales disminuyen conforme aumenta la temperatura de secado. Estos resultados son congruentes con los reportados por Coruk y Baltacıoğlu (2024), quienes hallaron que la concentración de antocianinas totales en harina de papa morada secada a temperaturas de 55, 65 y 75 °C oscilaba entre 2767,97 a 1348,58 y mg de cianidina-3-glucósido/kg en peso seco. El análisis mediante el método de superficie de respuesta (RSM) demostró que tanto la temperatura de secado como el grosor de la rebanada tienen un impacto significativo en el contenido de antocianinas totales, observándose una disminución del 51%. Asimismo, Moon et al. (2015) estudiaron la influencia de la temperatura en papa de pulpa morada y roja quienes presentaron un contenido inicial de antocianinas (24,94 y 13,43 mg/100 g, respectivamente) y este disminuía con el aumento de la temperatura a 60 y 80 °C, con una

degradación del 23%. Los resultados revelaron que las altas temperaturas de secado rápido causan daños en los tejidos de la papa coloreada, recomendando que la temperatura óptima de secado se determine basándose en la tasa de cambio en la calidad y la velocidad de secado. Nuestros resultados también son consistentes con el estudio de Nayak et al. (2011), quienes analizaron la influencia de la temperatura en la papa morada (Cv. Purple Majesty). Se determinó que una temperatura de 100 °C y un tiempo de secado de 5 minutos (0,410 mg mal-3-glu/g de peso seco de muestra) generan una menor degradación de antocianinas totales en comparación con temperaturas de 110, 120, 130, 140 y 150 °C (0,344, 0,285, 0,202, 0,084 y 0,044 mg mal-3-glu/g de peso seco de muestra, respectivamente), observándose una disminución significativa con el incremento de la temperatura de secado. La degradación de antocianinas está asociada a la pérdida de color, lo cual subraya la importancia de optimizar los parámetros de secado para preservar los compuestos bioactivos. Existen estudios sobre el impacto de la temperatura de secado en el contenido de antocianinas totales en vegetales y frutas que guardan relación con los resultados de esta investigación. Según Wang et al. (2014), el contenido de antocianinas se redujo al incrementar la temperatura de secado en el camote morado, aunque la muestra secada a 70 °C tuvo el mayor tiempo de secado, presentó una menor degradación del 21,7% en relación con las muestras secadas a 80, 90 y 100 °C, que exhibieron degradaciones del 31,9%, 59,1% y 66,5% del contenido de antocianinas totales, respectivamente. Asimismo, López-Vidaña et al. (2016) demostraron que durante el secado del mortiño (*Vaccinium meridionale* Swartz), disminuyeron las antocianinas totales con conservaciones del 24%, 18%, 13% a 40, 50 y 60 °C (2,36, 1,79 y 1,21 mg de cianidina-3-glucósido/g de muestra seca, respectivamente). Este comportamiento se atribuye a la degradación de antocianinas debido a factores como el tiempo prolongado de exposición, el contenido de ácidos orgánicos, las temperaturas altas, en nivel de azúcar, el pH y la actividad del polifenol oxidasa. De manera similar, Méndez-Lagunas et al. (2017) reportaron que las fresas frescas contenían un promedio de $276,5 \pm 0,03$ mg de cianidina-3-glucósido/100 g de antocianinas totales. La cinética de secado mostró que a 50 °C el contenido de antocianinas se degradó en un 26%, mientras que a 60 °C la degradación alcanzó el 40%. La temperatura fue un factor significativo, probablemente debido a las condiciones de procesamiento, la estructura de las antocianinas y el daño estructural durante la preparación de la muestra y el secado, lo que promueve reacciones degradativas. Estos hallazgos son consistentes con lo reportado por Jéssica et al. (2010), quien señala que las altas temperaturas provocan la oxidación de las

antocianinas, dañando su estructura química y resultando en la pérdida de color, sabor y propiedades funcionales.

Figura 19

Gráfica del efecto de la temperatura sobre el contenido total de antocianinas totales del subproducto de papa nativa de la variedad cacho de toro.



Nota. Subproducto de papa nativa de la variedad cacho de toro (SPN-VCT).

La figura 19 presenta los datos de antocianinas totales en relación a las diferentes temperaturas de secado. Se evidencia que las muestras secadas a 50 °C presentan la mayor concentración de antocianinas totales cercana a la temperatura ambiente (Control). En contraste, la temperatura de 80 °C es la que más perjudica la capacidad antioxidante

4.4.1 Análisis estadístico del contenido de antocianinas totales

En la tabla 18 se presentan los resultados de la varianza para el contenido total de antocianinas, los cuales se obtuvieron mediante el secado a diversas temperaturas.

Tabla 18*Análisis de varianza (Anova) para el contenido de antocianinas totales*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Temperatura (°C)	4	132,316	33,0791	465,18	0,000
Error	5	0,356	0,0711		
Total	9	132,672			

En la tabla 18 se presenta el análisis de varianza (ANOVA) para el contenido de antocianinas totales. Con un nivel de significancia de 0,05, se observa que la variable temperatura tiene un valor-p inferior a 0,05. Esto indica que las diferencias en la concentración de antocianinas totales después del secado a diferentes temperaturas son estadísticamente significativas.

Tabla 19*Prueba de comparación múltiple de Tukey a un nivel de confianza del 95%*

Temperatura (°C)	N	Media	Agrupación
50	2	673,08	A
60	2	600,76	B
70	2	494,25	C
80	2	345,51	D
Ambiente (19 °C ± 0,05)	2	482,01	C

En la Tabla 19, la prueba de Tukey revela que la temperatura de secado a 50 °C preserva de manera óptima el contenido de antocianinas, seguida de la temperatura de 60 °C. La temperatura de 70 °C no muestra diferencias significativas en comparación con la temperatura ambiente de 19 °C. La temperatura que más impacta negativamente en el contenido de antocianinas es 80 °C. Por lo tanto, para conservar de manera óptima el contenido de antocianinas totales, la temperatura de secado más adecuada es 50 °C, superando incluso al secado a temperatura ambiente (control).

V. Conclusiones

- Se obtuvieron los subproductos de papa nativa de la variedad cacho de toro procedentes de la industria Agropia, ubicada en el distrito de Sapallanga, provincia de Huancayo, departamento de Junín. Esta industria se especializa en la elaboración de snacks de papas nativas. Los subproductos fueron recolectados y sometidos a un proceso riguroso de selección, lavado, desinfección, corte y secado convectivo, seguido de la molienda hasta obtener un tamaño de partícula homogénea. Este procedimiento permitió la valorización de los subproductos generados durante la producción de snacks para futuras aplicaciones industriales y científicas.
- Se determinó la composición proximal del subproducto seco de papa nativa de la variedad cacho de toro, con los siguientes valores en g/100g: humedad $11,14 \pm 0,01$, cenizas $4,53 \pm 0,02$, grasa $1,41 \pm 0,02$, proteína $8,66 \pm 0,01$, carbohidratos $85,40 \pm 0,01$, fibra cruda $2,13 \pm 0,01$ y energía $345,59 \pm 0,10$ (kcal/100g).
- Se determinó la humedad del subproducto de papa nativa de la variedad cacho de toro, secada a diversas temperaturas, con los siguientes porcentajes de humedad: 50 °C ($9,83 \pm 0,08\%$), 60 °C ($11,16 \pm 0,21\%$), 70 °C ($10,96 \pm 0,14\%$), 80 °C ($9,56 \pm 0,41\%$) y a temperatura ambiente de 19 °C $\pm 0,05$ ($13,20 \pm 0,14\%$). Se observó una diferencia significativa entre cada tratamiento, registrándose los menores valores de humedad a las temperaturas de secado de 50 °C y 80 °C.
- Se determinó el contenido de fenólicos totales del subproducto de papa nativa de la variedad cacho de toro, secada a diversas temperaturas. Los valores obtenidos en mg GAE/kg de subproducto en base seca fueron: 50 °C ($3339,11 \pm 24,40$), 60 °C ($2597,83 \pm 12,41$), 70 °C ($2266,23 \pm 24,75$) y 80 °C ($1482,54 \pm 12,20$), evidenciando diferencias significativas entre los tratamientos. El subproducto secado a temperatura ambiente (19 °C $\pm 0,05$) presentó un contenido fenólico total de $3465,02 \pm 38,08$ mg GAE/kg de subproducto en base seca. La mayor retención de compuestos fenólicos totales se observó a una temperatura de 50 °C, cercana a la temperatura ambiente (control).
- Se determinó la capacidad antioxidante del subproducto de papa nativa de la variedad cacho de toro, secada a diversas temperaturas, evaluada a través método DPPH. Los valores obtenidos en $\mu\text{mol TE/g}$ de subproducto en base seca fueron: 50 °C ($12,77 \pm 0,13$), 60 °C ($9,52 \pm 0,06$), 70 °C ($8,56 \pm 0,10$), 80 °C ($6,30 \pm 0,20$), evidenciando diferencias significativas entre los tratamientos. El subproducto de papa nativa secada a temperatura

ambiente ($19\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,05$) presentó una capacidad antioxidante de $13,74 \pm 0,13\text{ }\mu\text{mol TE/g}$ de subproducto en base seca. La mayor retención de la capacidad antioxidante se observó a una temperatura de $50\text{ }^{\circ}\text{C}$, cercana a la temperatura ambiente (control).

- Se determinó la capacidad antioxidante del subproducto de papa nativa de la variedad cacho de toro, secada a diversas temperaturas y evaluada a través del ensayo ABTS. Los valores obtenidos en $\mu\text{mol TE/g}$ de subproducto en base seca fueron: $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($19,56 \pm 0,08$), $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($16,07 \pm 0,03$), $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($14,85 \pm 0,47$) y $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($13,26 \pm 0,34$), evidenciando diferencias significativas entre los tratamientos. El subproducto de papa nativa secada a temperatura ambiente $19\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,05$ presentó una capacidad antioxidante de $23,41 \pm 0,15\text{ }\mu\text{mol TE/g}$ de subproducto en base seca. La mayor retención de la capacidad antioxidante se observó a una temperatura de $50\text{ }^{\circ}\text{C}$, cercana a la temperatura ambiente (control).
- Se determinó el contenido de antocianinas totales del subproducto de papa nativa de la variedad cacho de toro, secada a diversas temperaturas. Los valores obtenidos en Cyanidin 3 glucoside/kg de subproducto en base seca fueron: $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($673,08 \pm 5,14$), $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($600,76 \pm 10,43$), $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($494,25 \pm 2,15$) y $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($345,51 \pm 3,74$), evidenciando diferencias significativas entre los tratamientos. El subproducto de papa nativa secada a temperatura ambiente $19\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,05$ presentó un contenido de antocianinas totales de $482,01 \pm 10,01\text{ mg Cyanidin 3 glucoside/kg}$ de subproducto en base seca. La mayor retención del contenido de antocianinas totales se observó a una temperatura de $50\text{ }^{\circ}\text{C}$, superior a la temperatura ambiente (control).

VI. Recomendaciones

- Realizar investigaciones sobre el efecto del secado en otras variedades de subproductos de papas nativas con el objetivo de analizar el comportamiento de la temperatura en sobre los polifenoles y la capacidad antioxidante
- Realizar estudios que consideren mayores temperaturas de secado y velocidades de aire en los subproductos de papa nativas para evaluar su impacto en los compuestos bioactivos.
- Realizar un análisis detallado de los compuestos bioactivos en los subproductos de papa nativa de la variedad cacho de toro (compuestos fenólicos, antocianinas) mediante cromatografía líquida, con el fin de identificar y cuantificar las variaciones en su concentración como respuesta a diferentes temperaturas de secado.
- Realizar estudios sobre los subproductos secos de papa nativa variedad cacho de toro como ingredientes para la creación de nuevos productos alimenticios y evaluar su impacto en la calidad de los productos finales como su rentabilidad económica

VII. Referencias bibliográficas

- Akter, M., Anjum, N., Roy, F., Yasmin, S., Sohany, M., & Mahomud, M. S. (2023b). Effect of drying methods on physicochemical, antioxidant and functional properties of potato peel flour and quality evaluation of potato peel composite cake. *Journal of Agriculture and Food Research*, *11*, 100508. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100508>
- Akyol, H., Riciputi, Y., Capanoglu, E., Caboni, M., & Verardo, V. (2016). Phenolic Compounds in the Potato and Its Byproducts: An Overview. *International Journal of Molecular Sciences*, *17*(6), 835. <https://doi.org/10.3390/ijms17060835>
- Andrade, P. y Graham T. (2021). Las papas nativas: de ser un cultivo olvidado al boom culinario e innovación de mercado. *Revista Latinoamericana de la papa*, *25*(2), 3-14. <https://doi.org/10.37066/ralap.v25i2.429>
- AOAC. (1995). Métodos oficiales de análisis de la AOAC internacional (15ª ed.), EE.UU.
- Arslan, A., & Alibaş, İ. (2024). Assessing the effects of different drying methods and minimal processing on the sustainability of the organic food quality. *Innovative Food Science and Emerging Technologies/Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 103681. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2024.103681>
- Arslan, A., Soysal, Y., & Keskin, M. (2020). Comparing hot air-drying kinetics and color quality of organic and conventional sweet red peppers. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, *25*(2), 271-283. <https://doi.org/10.37908/mkutbd.747675>
- Bellumori, M., Silva, N. A. C., Vilca, L., Andrenelli, L., Cecchi, L., Innocenti, M., Balli, D., & Mulinacci, N. (2020). A study on the biodiversity of pigmented Andean potatoes: nutritional profile and phenolic composition. *Molecules*, *25*(14), 3169. <https://doi.org/10.3390/molecules25143169>
- Berk, Z. (2018). Dehydration. En *Elsevier eBooks* (pp. 513-566). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-812018-7.00022-1>
- Bezerra, C. V., Da Silva, L. H. M., Corrêa, D. F., & Rodrigues, A. M. (2015). A modeling study for moisture diffusivities and moisture transfer coefficients in drying of passion fruit peel. *International Journal of Heat and Mass Transfer/International Journal of*

Heat and Mass Transfer, 85, 750-755.
<https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2015.02.027>

- Bouhali, A. E., Gnanasekar, P., & Habibi, Y. (2021). Chemical modifications of lignin. En *Elsevier eBooks* (pp. 159-194). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-820303-3.00012-6>
- Brahmi, F., Mateos-Aparicio, I., Mouhoubi, K., Guemouni, S., Sahki, T., Dahmoune, F., Belmehdi, F., Bessai, C., Madani, K., & Boulekbache-Makhlouf, L. (2023). Kinetic Modeling of Convective and Microwave Drying of Potato Peels and Their Effects on Antioxidant Content and Capacity. *Antioxidants*, 12(3), 638. <https://doi.org/10.3390/antiox12030638>
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M., & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT*, 28(1), 25-30. [https://doi.org/10.1016/s0023-6438\(95\)800085](https://doi.org/10.1016/s0023-6438(95)800085)
- Bravo, L. (2009). Polyphenols: Chemistry, Dietary Sources, Metabolism, and Nutritional Significance. *Nutrition Reviews*, 56(11), 317-333. <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.1998.tb01670.x>
- Brown, C. R. (2005). Antioxidants in potato. *American Journal of Potato Research*, 82(2), 163-172. <https://doi.org/10.1007/bf02853654>
- Brown, C. R., Culley, D. E., Bonierbale, M., & Amorós, W. (2007). Anthocyanin, Carotenoid Content, and Antioxidant Values in Native South American Potato Cultivars. *HortScience*, 42(7), 1733-1736. <https://doi.org/10.21273/hortsci.42.7.1733>
- Brown, C. R., Durst, R. W., Wrolstad, R. E., & De Jong, W. (2008). Variability of Phytonutrient Content of Potato in Relation to Growing Location and Cooking Method. *Potato Research*, 51(3-4), 259-270. <https://doi.org/10.1007/s11540-008-9115-0>
- Campo-Banguero, L. M., & Ramírez-Navas, J. S. (2021). Capacidad antioxidante en helados y derivados lácteos. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales/Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 8(1), 23-41. <https://doi.org/10.23850/24220582.3982>

- Cárdenas, S. I., Pariona, F. J., & Salinas, S. S. (2022). Caracterización morfológica de papas nativas (*Solanum tuberosum* L. Grupo Andigenum) de Huánuco. *Revista Investigación Agraria*, 4(2), 13-25. <https://doi.org/10.47840/reina.4.2.1394>
- Castro, A., Mayorga, E., & Moreno, F. (2018). Mathematical modelling of convective drying of fruits: A review. *Journal Of Food Engineering*, 223, 152-167. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.12.012>
- Centro Internacional de la Papa (CIP). (2017). Catálogo de variedades de Papa nativa del sureste del departamento de Junin - Perú. En *International Potato Center eBooks*. <https://doi.org/10.4160/9789290602088>
- Çetinkaya, S., Akça, K. T., & Süntar, I. (2022). Flavonoids and anticancer activity: Structure–activity relationship. En *Studies in natural products chemistry* (pp. 81-115). <https://doi.org/10.1016/b978-0-323-91099-6.00017-7>
- Chandramohan, V., & Talukdar, P. (2016). Estimation of Equilibrium Moisture Content and Drying Time of Potato Through Hot Air Drying. En *Lecture notes in mechanical engineering* (pp. 205-213). https://doi.org/10.1007/978-81-322-2743-4_21
- CIP. (2006). *Catálogo de variedades de papa nativa de Huancavelica, Perú*. International Potato Center. <https://cipotato.org/wp-content/uploads/PDF/003524.pdf>
- CIP. (2016). Como crecen las papas. *International Potato Center*. <https://cipotato.org/es/lapapa/como-crecen-las-papas/>
- Coruk, K. S., & Baltacıoğlu, H. (2024). Mor etli patatesin sıcak hava koşullarının optimizasyonu. *Niğde öMer Halisdemir Üniversitesi MüHendislik Bilimleri Dergisi*. <https://doi.org/10.28948/ngumuh.1426028>
- Cudenec, B., Caradec, T., Catiau, L., & Ravallec, R. (2012). Upgrading of Sea By-products. En *Advances in food and nutrition research* (pp. 479-494). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-416003-3.00031-7>

- De la Penna, D., & Pogson, B. J. (2006). Vitamin synthesis in plants: tocopherols and carotenoids. *Annual review of plant biology*, *57*, 711–738. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.56.032604.144301>
- De la Rosa, L. A., Moreno-Escamilla, J. O., Rodrigo-García, J., & Álvarez-Párrilla, E. (2019). Phenolic compounds. En *Elsevier eBooks* (pp. 253-271). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-813278-4.00012-9>
- De Lima, M. S., Resende, O., Plácido, G. R., Silva, G. E., Célia, J. A., Caliari, M., De Oliveira, D. E., Correia, J. S., & Da Silva, M. A. P. (2022). Effects of drying temperature on the bioactive and technological properties of turmeric (*Curcuma longa* L.) flour. *Food Science and Technology*, *42*. <https://doi.org/10.1590/fst.76122>
- Demarchi, S. M., Ruiz, N. A., Concellón, A. & Giner, S. A. (2013). Effect of temperature on hot-air drying rate and on retention of antioxidant capacity in apple leathers. *Food And Bioproducts Processing*, *91*(4), 310-318. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2012.11.008>
- Doymaz, İ., & Karasu, S. (2018). Effect of air temperature on drying kinetics, colour changes and total phenolic content of sage leaves (*Salvia officinalis*). *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, *10*(3), 269-276. <https://doi.org/10.3920/qas2017.1257>
- De Oliveira S. W., De Figueirêdo, R. M., De Melo Queiroz, A. J., Santos, F. S., De França Silva, A. P., Paiva, Y. F., Moura, H. V., De Vilela Silva, E. T., De Brito Araújo Carvalho, A. J., Lima, M. D., Campos, A. R., Gregório, M. G., & De Lima, A. G. (2023). Effect of drying temperature on antioxidant activity, phenolic compound profile and hygroscopic behavior of pomegranate peel and seed flours. *LWT*, *189*, 115514. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.115514>
- Egúsqüiza, B. (2000). La Papa: producción, transformación y comercialización. Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), Asociación de Exportadores (ADEX), Lima, Perú.
- Ertekin, C., & Firat, M. (2015). A comprehensive review of thin-layer drying models used in agricultural products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *57*(4), 701-717. <https://doi.org/10.1080/10408398.2014.910493>

- Ezekiel, R., Singh, N., Sharma, S., & Kaur, A. (2013). Beneficial phytochemicals in potato — a review. *Food Research International*, 50(2), 487-496. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.04.025>
- Ferreira, I. C., Martins, N., & Barros, L. (2017). Phenolic Compounds and Its Bioavailability. En *Advances in food and nutrition research* (pp. 1-44). <https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2016.12.004>
- Gan, Q., Jiang, Y., & Deng, Y. (2019). Drying characteristics, functional properties and in vitro digestion of purple potato slices dried by different methods. *Journal Of Integrative Agriculture/Journal of Integrative Agriculture*, 18(9), 2162-2172. [https://doi.org/10.1016/s2095-3119\(19\)62654-7](https://doi.org/10.1016/s2095-3119(19)62654-7)
- Gan, R., Chan, C. L., Yang, Q., Li, H. B., Zhang, D., Ge, Y., Gunaratne, A., Ge, J., & Corke, H. (2019). Bioactive compounds and beneficial functions of sprouted grains. En *Elsevier eBooks* (pp. 191-246). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-811525-1.00009-9>
- García, E., Fernández, I. y Fuentes, A. (2015). Determinación de polifenoles totales por el método de Folin-Ciocalteu. <http://hdl.handle.net/10251/52056>
- García-Torres, S. M., Chire-Fajardo, G. C., Repo-Carrasco, R. y Ureña-Peralta, M. O. (2022). Efecto de la fritura sobre los componentes bioactivos de la papa nativa (*Solanum tuberosum* sp.) Puka Ambrosio. *Revista Chilena de Nutrición*, 49(1), 7-16. <https://doi.org/10.4067/s0717-75182022000100007>
- Giusti, M., Polit, M., Ayvaz, H., Tay, D., & Manrique, I. (2014). Characterization and Quantitation of Anthocyanins and Other Phenolics in Native Andean Potatoes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(19), 4408-4416. <https://doi.org/10.1021/jf500655n>
- Gómez-García, R., Campos, D. A., Aguilar, C. N., & Pintado, M. (2021). Valorisation of food agro-industrial by-products: From the past to the present and perspectives. *Journal Of Environmental Management*, 299, 113571. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113571>

- Guiné, R., Barroca, M. J., Gonçalves, F., Alves, M., Oliveira, S., & Correia, P. (2015). Effect of Drying on Total Phenolic Compounds, Antioxidant Activity, and Kinetics Decay in Pears. *International Journal of Fruit Science*, 15(2), 173-186. <https://doi.org/10.1080/15538362.2015.1017073>
- Gupta, S., Finelli, R., Agarwal, A., & Henkel, R. (2020). Total, antioxidant capacity—Relevance, methods and clinical implications. *Andrologia*, 53(2). <https://doi.org/10.1111/and.13624>
- Horton, D. y Samanamud, K. (2017). La revolución de la papa nativa en Perú. Resumen de innovación 2 de Papa Andina. *Centro Internacional de la Papa, Lima, Perú*. 6 pp. <https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/98906/BRIEF%2002%20ESPANOL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ignat, I., Volf, I., & Popa, V. (2011). A critical review of methods for characterization of polyphenolic compounds in fruits and vegetables. *Food Chemistry*, 126(4), 1821-1835. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.12.026>
- INDECOPI (2015). Norma Técnica Peruana 205.064. Harina de Trigo para consumo humano. Condiciones generales. Definiciones y requisitos. Lima- Perú.
- Instituto de innovación Agraria (INIA). (2019). Sistematización de la experiencia de los subproyectos de papa financiados por el programa nacional de innovación agraria. *E. p. PNIA, Ed.) Lima, Perú: FC IMPRESS & TECH SAC*. https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/569715/libro_estudio-de-papa.pdf
- Jeong, D., Park, Y., Nam, S., & Han, S. (2015). Effect of hot-air drying temperature on antioxidative activity of sweetpotato leaves. *Han'gug Sigpum Jeojang Yu'tong Haghoeji/Han-guk Sikipum Jeojang Yutong Hakoeji*, 22(5), 708-713. <https://doi.org/10.11002/kjfp.2015.22.5.708>
- Jéssica, L., Uribe, E., Vega-Gálvez, A., Miranda, M., Vergara, J., González, E., & Di Scala, K. (2010). Effect of Air Temperature on Drying Kinetics, Vitamin C, Antioxidant Activity, Total Phenolic Content, Non-enzymatic Browning and Firmness of Blueberries Variety O'Neil. *Food And Bioprocess Technology*, 3(5), 772-777. <https://doi.org/10.1007/s11947-009-0306-8>

- Jimenez-Champi, D., Romero-Orejon, F. L., Moran-Reyes, A., Muñoz, A. M., & Ramos-Escudero, F. (2023). Bioactive compounds in potato peels, extraction methods, and their applications in the food industry: a review. *CYTA: Journal of Food/CyTA: Journal of Food*, 21(1), 418-432. <https://doi.org/10.1080/19476337.2023.2213746>
- Joshi, A., Sethi, S., Arora, B., Azizi, A. F., & Thippeswamy, B. (2020). Potato Peel Composition and Utilization. En *Springer eBooks* (pp. 229-245). https://doi.org/10.1007/978-981-15-7662-1_13
- Juli, M. y Arias, E. (2011). *Antocianinas polifenoles totales y capacidad antioxidante en dos clones de papa nativa del género Solanum de pulpa azul y roja*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cuzco - Perú]. Archivo digital <https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/1094>
- Kang, H., & Min, S. C. (2010). Potato peel-based biopolymer film development using high-pressure homogenization, irradiation, and ultrasound. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*, 43(6), 903-909. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.01.025>
- Lakka, A., Lalas, S. I., & Makris, D. P. (2020). Development of a Low-Temperature and High-Performance green extraction process for the recovery of polyphenolic phytochemicals from waste potato peels using hydroxypropyl B-Cyclodextrin. *Applied sciences*, 10(10), 3611. <https://doi.org/10.3390/app10103611>
- Ligarda-Samanez, C. A., Palomino-Rincón, H., Choque-Quispe, D., Moscoso-Moscoso, E., Arévalo-Quijano, J. C., Huamán-Carrión, M. L., Quezada, U. R. Q., Muñoz-Saenz, J. C., Gómez, E. G., Cabel-Moscoso, D. J., León, R. S., Durán, Y. A., & García-Espinoza, A. J. (2023). Bioactive Compounds and Sensory Quality in Chips of Native Potato Clones (*Solanum tuberosum* spp. andigena) Grown in the High Andean Region of PERU. *Foods*, 12(13), 2511. <https://doi.org/10.3390/foods12132511>
- López-Vidaña, E. C., Figueroa, I. P., Cortés, F. B., Rojano, B., & Ocaña, A. N. (2016). Effect of temperature on antioxidant capacity during drying process of mortiño (*Vaccinium meridionale* Swartz). *International Journal of Food Properties*, 20(2), 294-305. <https://doi.org/10.1080/10942912.2016.1155601>

- Manach, C., Scalbert, A., Morand, C., Rémésy, C., & Jiménez, L. (2004). Polyphenols: food sources and bioavailability. *The American journal of clinical nutrition*, 79(5), 727–747. <https://doi.org/10.1093/ajcn/79.5.727>
- Marcillo-Parra, V., Tupuna-Yerovi, D. S., González, Z. M., & Ruales, J. (2021). Encapsulation of bioactive compounds from fruit and vegetable by-products for food application – A review. *Trends In Food Science & Technology*, 116, 11-23. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.07.009>
- Martins, N., Barros, L., Dueñas, M., Santos-Buelga, C., & Ferreira, I. (2015). Characterization of phenolic compounds and antioxidant properties of *Glycyrrhiza glabra* L. rhizomes and roots. *RSC Advances*, 5(34), 26991-26997. <https://doi.org/10.1039/c5ra03963k>
- Minagri (2024). Campaña agrícola 2023/2024 - papa. Ministerio de Agricultura y Riego del Perú. República del Lima, Perú. 123p. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/6103503/4344772-observatorio-de-siembras-y-perspectivas-de-produccion-papa.pdf?v=1711378407#:~:text=En%20efecto%2C%20entre%20enero%20y,mismo%20periodo%20del%20a%C3%B1o%202022.>
- Minagri. (2018). Productores de región Huancavelica inician venta de 20 toneladas de papas nativas. Minagri. <https://www.midagri.gob.pe/portal/descentralizacion/6937-produccion-huancavelica>
- Mohammadnezhad, P., Valdés, A., & Álvarez-Rivera, G. (2023). Bioactivity of food by-products: an updated insight. *Current Opinion in Food Science*, 52, 101065. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2023.101065>
- Molehin, O. R., Adefegha, S. A., Ajiboye, I. O., & Ogunleye, T. M. (2023). Modulation of phospholipases by phenolic compounds: Novel targets in the management of inflammatory diseases. En *Elsevier eBooks* (pp. 91-110). <https://doi.org/10.1016/b978-0-323-95698-7.00002-4>

- Monteros, C., & Pallo, E. (2009). Conservation of germplasm of native potato of color-pulp from Región La Libertad, Perú. *Reviol* 1: 11-15
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5512041>
- Moon, J. H., Pan, C., & Yoon, W. B. (2015). Drying characteristics and thermal degradation kinetics of hardness, anthocyanin content and colour in purple- and red-fleshed potato (*Solanum tuberosum*L.) during hot air drying. *International Journal of Food Science & Technology*, 50(5), 1255-1267. <https://doi.org/10.1111/ijfs.12740>
- Morales, C., Medina, S., Salvatierra, C., Barrantes, M. y Viera, J. (2015). Cuantificación de los principios anticancerígenos de la variedad de papa nativa de pulpa de color de la región La Libertad con el fin de procesamiento industrial. *Pueblo continente*, 24(2), 425-431. <http://journal.upao.edu.pe/PuebloContinente/article/view/58>
- Mowafy, S., Guo, J., Lei, D., & Liu, Y. (2024). Application of novel blanching and drying technologies improves the potato drying kinetics and maintains its physicochemical attributes and flour functional properties. *Innovative Food Science and Emerging Technologies/Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 94, 103648. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2024.103648>
- Muthukumar, P., Lakshmi, D., Koch, P., Gupta, M. K., & Srinivasan, G. (2022). Effect of drying air temperature on the drying characteristics and quality aspects of black ginger. *Journal Of Stored Products Research*, 97, 101966. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2022.101966>
- Nayak, B., De J Berríos, J., Powers, J. R., & Tang, J. (2011). Thermal Degradation of Anthocyanins from Purple Potato (Cv. Purple Majesty) and Impact on Antioxidant Capacity. *Journal Of Agricultural and Food Chemistry*, 59(20), 11040-11049. <https://doi.org/10.1021/jf201923a>
- Nguyen, T., Rosselló, C., & Ratti, C. (2022). Understanding air-drying behavior of potato peel waste. *Drying Technology*, 40(16), 3520-3531. <https://doi.org/10.1080/07373937.2022.2062603>
- Official methods of analysis of AOAC international (16th ed.). Gaithersburg, MD: Association of Official Analytical Chemists.

- Onwude, D. I., Hashim, N., & Chen, G. (2016). Recent advances of novel thermal combined hot air drying of agricultural crops. *Trends In Food Science & Technology*, 57, 132-145. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.09.012>
- Paseto, F. R., Trindade, M. A., & De Melo, M. P. (2018). Natural Antioxidants and Food Applications: Healthy Perspectives. En Elsevier eBooks (pp. 31-64). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-811446-9.00002-2>
- Ponce Alvarado, A. W., & Rodríguez Asto, F. D. (2014). *Evaluación del efecto de secado en los compuestos fenólicos y capacidad antioxidante del aguaymanto (Physalis peruviana L.)* [Tesis de titulación, Universidad Nacional del Centro del Perú]. <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/1959/Ponce%20Alvarado%20-%20Rodriguez%20Asto.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Prior, R. L., Wu, X., & Schaich, K. (2005). Standardized Methods for the Determination of Antioxidant Capacity and Phenolics in Foods and Dietary Supplements. *Journal Of Agricultural And Food Chemistry*, 53(10), 4290-4302. <https://doi.org/10.1021/jf0502698>
- Ramya, V., & Jain, N. (2016). A Review on Osmotic Dehydration of Fruits and Vegetables: An Integrated Approach. *Journal Of Food Process Engineering*, 40(3). <https://doi.org/10.1111/jfpe.12440>
- Rea, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. (1999b). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26(9-10), 1231-1237. [https://doi.org/10.1016/s0891-5849\(98\)00315-3](https://doi.org/10.1016/s0891-5849(98)00315-3)
- Reyes, G. M., Sánchez P. I., & Espinoza B. C. (2017). *Tablas peruanas de composición de alimentos*. Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Salud. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4565836/Tablas-peruanas.pdf?v=1684253633>
- Rivero, A., López-Medina, E., León, J., y De La Cruz-Castillo, A. (2019). Papas nativas con potencial antioxidante, cultivadas en el norte del Perú. *Latin American and Caribbean*

Bulletin of Medicinal and Aromatic Plants, 18(3), 289-324.
<https://doi.org/10.37360/blacpma.19.18.3.19>

Rodríguez-Martínez, B., Gullón, B., & Yáñez, R. (2021). Identification and recovery of valuable bioactive compounds from potato peels: A Comprehensive review. *Antioxidants*, 10(10), 1630. <https://doi.org/10.3390/antiox10101630>

Ross, J. A., & Kasum, C. M. (2002). Dietary flavonoids: bioavailability, metabolic effects, and safety. *Annual review of nutrition*, 22, 19–34.
<https://doi.org/10.1146/annurev.nutr.22.111401.144957>

Sabarez, H. (2016). Drying of Food Materials. En *Elsevier eBooks*.
<https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100596-5.03416-8>

Sampaio, S. L., Petropoulos, S. A., Alexopoulos, A., Heleno, S. A., Santos-Buelga, C., Barros, L., & Ferreira, I. C. (2020). Potato peels as sources of functional compounds for the food industry: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 103, 118-129.
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.07.015>

Sampaio, S. L., Petropoulos, S. A., Dias, M. I., Pereira, C., Calhelha, R. C., Fernandes, Â., Leme, C. M., Αλεξόπουλος, Α., Santos-Buelga, C., Ferreira, I. C., & Barros, L. (2021). Phenolic composition and cell-based biological activities of ten coloured potato peels (*Solanum tuberosum* L.). *Food Chemistry*, 363, 130360.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130360>

Sayed, K. A. E. (2000). Natural Products as Antiviral Agents. En *Studies in natural products chemistry* (pp. 473-572). [https://doi.org/10.1016/s1572-5995\(00\)80051-4](https://doi.org/10.1016/s1572-5995(00)80051-4)

Sethi, S., Joshi, A., Kumar, M., Hr, R., Bk, P., Nayak, S., & Chauhan, O. (2023). Phenolic and antioxidant capacity retention of potato peel waste as a function of cultivar, pretreatment and drying procedure. *Defence life science journal*, 8(1), 71-82.
<https://doi.org/10.14429/dlsj.8.18208>

Sharma, S., Jaiswal, AK & Jaiswal, S. (2020). *Papa. Composición nutricional y propiedades antioxidantes de frutas y verduras*, 339–347. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812780-3.00021-0>

- Shiroma-Kian, C., Tay, D., Manrique, I., Giusti, M., & Rodriguez-Saona, E. (2008). Improving the Screening Process for the Selection of Potato Breeding Lines with Enhanced Polyphenolics Content. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(21), 9835-9842. <https://doi.org/10.1021/jf801716>
- Simões, S., Costa, A., Faria-Silva, A., Ascenso, A., Marto, J., Carvalheiro, M., Gonçalves, L. C., Marques, M., Paiva, A., Bento, M., Simões, P., & Ribeiro, H. (2021). Sustainable valorization of food-processing industry by-products: challenges and opportunities to obtain bioactive compounds. *En Elsevier eBooks* (pp. 619-644). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-824044-1.00023-4>
- Singh, B., Singh, J., Singh, J., Kaur, A., & Singh, N. (2020). Phenolic compounds in potato (*Solanum tuberosum* L.) peel and their health-promoting activities. *International Journal of Food Science and Technology*, 55(6), 2273-2281. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14361>
- Tablas peruanas de composición de alimentos-MINSA (2017). Disponible en: <https://repositorio.ins.gob.pe/xmlui/bitstream/handle/INS/1034/tablas-peruanas-QR.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Tarchi, I., Boudalia, S., Özoğul, F., Medina, S., Bhat, Z. F., Hassoun, A., Perestrelo, R., Bouaziz, M., Nurmilah, S., Cahyana, Y., & Aït-Kaddour, A. (2024). Valorization of agri-food waste and by-products in cheese and other dairy foods: An updated review. *Food Bioscience*, 58, 103751. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2024.103751>
- Teka, T., Lele, Z., Xiaoyan, G., Li, Y., Lifeng, H., & Xiaohui, Y. (2022). Stilbenes: Source plants, chemistry, biosynthesis, pharmacology, application and problems related to their clinical Application-A comprehensive review. *Phytochemistry*, 197, 113128. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2022.113128>
- Tobin, D., Glenna, L., & Devaux, A. (2016). Pro-poor? Inclusion and exclusion in native potato value chains in the central highlands of Peru. *Journal of Rural Studies*, 46, 71-80. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2016.06.002>
- Tonon, R. V., Brabet, C., & Hubinger, M. D. (2010). Anthocyanin stability and antioxidant activity of spray-dried açai (*Euterpe oleracea* Mart.) juice produced with different

- carrier agents. *Food Research International*, 43(3), 907-914.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.12.013>
- Valarmathi, T., Sekar, S., Purushothaman, M., Sekar, S., Reddy, M. R. S., & Reddy, K. R. N. K. (2017). Recent developments in drying of food products. *IOP Conference Series. Materials Science and Engineering*, 197, 012037. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/197/1/012037>
- Vincente, A. R., Manganaris, G. A., Ortiz, C., Sozzi, G. O., & Crisosto, C. H. (2014). Nutritional Quality of Fruits and Vegetables. En *Elsevier eBooks* (pp. 69-122).
<https://doi.org/10.1016/b978-0-12-408137-6.00005-3>
- Wang, D., Ma, Y., Guo, X. F., Zheng, Q. Y., & Zhao, X. (2014). Effect of Drying Temperature on Quality of Purple Sweet Potato Powder. *Applied Mechanics and Materials*, 568-570, 1911-1914. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.568-570.1911>
- Wojdyło, A., Figiel, A., Lech, K., Nowicka, P., & Oszmiański, J. (2013). Effect of Convective and Vacuum–Microwave Drying on the Bioactive Compounds, Color, and Antioxidant Capacity of Sour Cherries. *Food And Bioprocess Technology*, 7(3), 829-841.
<https://doi.org/10.1007/s11947-013-1130-8>
- Wu, J., Blackshaw, K., Cho, J., Koolaji, N., Yun, J., Schindeler, A., Valtchev, P., & Dehghani, F. (2022). Recovery of high-value compounds from food by-products. En *Elsevier eBooks* (pp. 61-88). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-821292-9.00002-9>.
- Yadav, A. R., Guha, M., Tharanathan, R. N., & Ramteke, R. S. (2006). Influence of drying conditions on functional properties of potato flour. *European Food Research & Technology*, 223(4), 553-560. <https://doi.org/10.1007/s00217-005-0237-1>
- Yasmin, S., Hasan, M., Sohany, M., & Sarker, M. (2022). Drying kinetics and quality aspects of bitter melon (*Momordica charantia*) dried in a novel cabinet dryer. *Food Research*, 6(4), 180-188. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.6\(4\).437](https://doi.org/10.26656/fr.2017.6(4).437)
- Yin, L., Chen, T., Li, Y., Fu, S., Li, L., Xu, M., & Niu, Y. (2016). A Comparative Study on Total Anthocyanin Content, Composition of Anthocyanidin, Total Phenolic Content




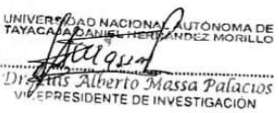



and Antioxidant Activity of Pigmented Potato Peel and Flesh. *Food Science and Technology Research*, 22(2), 219-226. <https://doi.org/10.3136/fstr.22.219>

Youssef, K., & Mokhtar, S. M. (2014). Effect of Drying Methods on the Antioxidant Capacity, Color and Phytochemicals of *Portulaca oleracea* L. Leaves. *Journal Of Nutrition & Food Sciences*, 04(06). <https://doi.org/10.4172/2155-9600.1000322>

Zeb, A. (2020). Concept, mechanism, and applications of phenolic antioxidants in foods. *Journal Of Food Biochemistry*, 44(9). <https://doi.org/10.1111/jfbc.13394>

VIII. Anexos

Anexo 1. Carta de presentación dirigida al gerente de la cooperativa Agropia.

 UNAT Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo Ley de Creación N° 29716		 <i>La investigación, su esencia y arte.</i>
<i>"Año de la Unidad, la Paz y el Desarrollo"</i>		
Pampas, 14 de agosto de 2023		
OFICIO N° 0014-2023-UNAT/P-VPI		
Sr. SILVESTRE QUISPE CLEMENTE Gerente de Cooperativa AGROPIA		
ASUNTO: CARTA DE PRESENTACIÓN.		
<p><u>Presente.</u> –</p> <p>De mi mayor consideración:</p> <p>Mediante el presente es grato dirigirme a usted, para saludarlo cordialmente a nombre de la Vicepresidencia de Investigación de la Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, asimismo presentamos al Estudiante HUBER JOEL CHANCHA INGA, quien cursa el noveno Ciclo de la Carrera Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias, a fin de obtener la muestras (cascara de papa nativa) de su investigación de su proyecto de Tesis "Efecto de la temperatura de secado por aire caliente en el contenido de fenólicos totales y capacidad antioxidante de subproductos de la industria de las papas nativas".</p> <p>Es propicia la oportunidad para expresarle los sentimientos de mi especial consideración.</p> <p style="text-align: center;">Atentamente;</p> <p style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE TAYACAJA DANIEL HERNÁNDEZ MORILLO Dis. Alberto Massa Palacios VICEPRESIDENTE DE INVESTIGACIÓN</p> <p style="text-align: right;"> COOP. AGROPIA AGROPIA LTDA. AGROPIA COOPERATIVA Silvestre Quispe Clemente GERENTE GENERAL VºB'</p>		
<p>C.c./Archivo LAMP/dcc</p> <p style="text-align: center;">https://unat.edu.pe/   mesadepartes@unat.edu.pe</p> <p>OFICINA ADMINISTRATIVA: Jr. Bolognesi N° 416 - 418 - Pampas - Tiyacaja - Huancavelica. OFICINA DE ADMISIÓN: Jr. Lima, esquina con el Jr. Bolognesi, Plaza Principal, Pampas - Tiyacaja - Huancavelica. LOCAL ACADÉMICO: Vía Rundo (300 metros al Jr. Alfonso Ugarte, Daniel Hernández - Tiyacaja - Huancavelica.</p>		

Nota. Carta de presentación emitida al Gerente general de la Cooperativa Agropia.

Anexo 2. Recolección de muestra de la cooperativa Agropia



Fotografía 1. Cooperativa Agropia



Fotografía 2. Subproducto de papa nativa de la variedad cacho de toro

Anexo 3. Proceso de secado de los subproductos de papa nativa a diversas temperaturas.



Fotografía 3. Recepción



Fotografía 4. Lavado y desinfección



Fotografía 5. Cortado



Fotografía 6. Cortado en rebanadas de 2 mm de grosor



Fotografía 7. Secado a temperaturas de 50, 60, 70 y 80 °C



Fotografía 8. Subproducto de papa nativa deshidratada

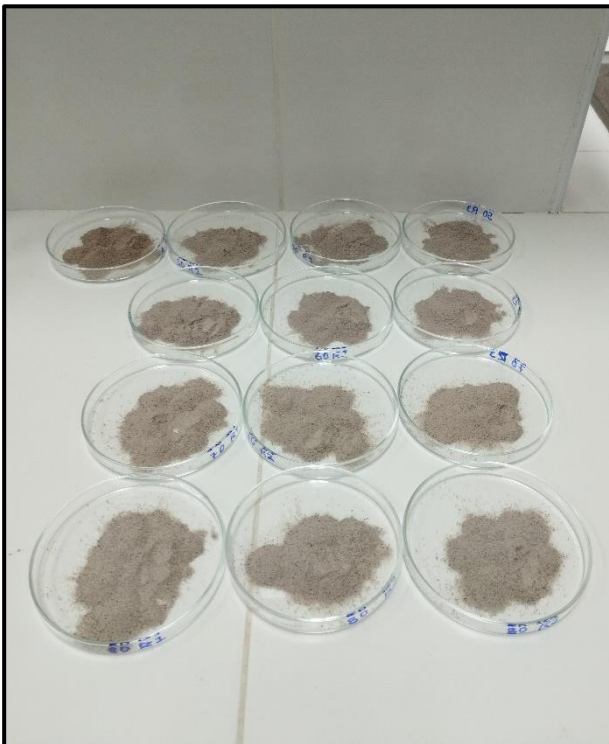


Fotografía 9. Molido



Fotografía 10. Embolsado en bolsas herméticas y rotulado

Anexo 4. Determinación de la humedad del subproducto de papa nativa secada y molida.



Fotografía 9. Determinación de la humedad de las harinas secadas a diferentes temperaturas.

Anexo 5. Informe de análisis proximal y capacidad antioxidante (ABTS) emitido por el instituto de ciencias de los alimentos y nutrición (ICAN).



Instituto de Ciencias de los Alimentos y
Nutrición
Universidad San Ignacio de Loyola S.A.
RUC. 20297868790

Página 1 de 3

INFORME DE ENSAYO No. 0035-23_CIQA

N° Orden de Trabajo: ICAN-0054-23
Cliente: Huber Joel Changa Inga
Ruc: -
Dirección legal del cliente: -
Código de cliente: -
Numero de contrato (cotización): ICAN-0070-23
Producto descrito por el cliente: 07 muestras de subproductos de papa
Identificación de la muestra: CIQA-060 al CIQA-066
Numero de muestras: 07
Código de muestras - Cantidad: CIQA-060; CIQA-061; CIQA-062; CIQA-063; CIQA-064; CIQA-065; CIQA-066
Procedencia de la muestra: Proporcionado por el cliente
Presentación de la muestra: Bolsa plástica
Fecha de recepción de la muestra: 14-11-2023
Fecha de inicio de análisis: 16-11-2023
Fecha de término de análisis: 01-12-2023
Fecha de emisión de Informe: 14-12-2023

RESULTADOS

Muestra	Ensayo	Unidad	Resultado	Incertidumbre
SPVCT	Humedad (*)	g/100g	11.14	---
	Cenizas (*)	g/100g	4.03	---
	Grasa (*)	g/100g	1.25	---
	Proteína total (factor 6.25) (*)	g/100g	7.7	---
	Carbohidratos totales (**)	g/100g	75.88	---
	Energía total (**)	Kcal/100g	345.57	---
	Fibra cruda (*)	g/100g	1.9	---
SPVH	Humedad (*)	g/100g	9.15	---
	Cenizas (*)	g/100g	1.26	---
	Grasa (*)	g/100g	1.55	---
	Proteína total (factor 6.25) (*)	g/100g	4.34	---
	Carbohidratos totales (**)	g/100g	83.7	---
	Energía total (**)	Kcal/100g	366.11	---
	Fibra cruda (*)	g/100g	2.56	---

Muestra	Ensayo	Unidad	Resultado	Incertidumbre
SPVCT-50	Actividad antioxidante (ABTS)	μmol TE/g	17.64	---
SPVCT-60	Actividad antioxidante (ABTS)		14.28	---


SPVCT-70	Actividad antioxidante (ABTS)	13.23	---
SPVCT-80	Actividad antioxidante (ABTS)	11.99	---
SPVCT-A	Actividad antioxidante (ABTS)	20.32	---

ANEXO			
Ensayo	Norma	Técnica	Rango
Humedad*	AOAC Official Method 925.10; Cap. 32; Ed. 22, Pag 1, 2023. Solids (total) and loss on drying (moisture) in flour	---	---
Cenizas*	AOAC Official Method 923.03; Cap. 32; Ed. 22, pág. 1-2. 2023. Ash of Flour	---	---
Grasa*	AOAC Official Method 922.06, Cap. 32, Ed 22, Pag 5. 2023. Fat in flour	---	---
Proteínas*	ICAN-CIQA - 001 (validado)	---	---
Fibra cruda*	AOCS American Oil Chemists Society Ba 6a-05, Crude fiber in feed by filter bag technique, page 1-4.	---	---
Carbohidratos; Energía total (**)	María Reyes García; Iván Gómez-Sánchez Prieto; Cecilia Espinoza Barrientos. 2017. Tablas peruanas de composición de alimentos. 10ma ed. Lima: Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Salud.	---	---
Actividad antioxidante (ABTS)*	ICAN-CIQA - 008 (validado)	---	---

ANEXOS 1								
Muestra	Repetición de ensayo	Humedad	Cenizas	grasa	Proteína total	Fibra cruda	Carbohidratos totales	Energía total
SPVCT	R1	11.13	4.04	1.24	7.69	1.9	75.9	345.52
	R2	11.14	4.02	1.26	7.7	1.89	75.88	345.66
SPVH	R1	9.16	1.26	1.55	4.31	2.55	83.72	366.07
	R2	9.13	1.26	1.55	4.36	2.56	83.7	366.19

Muestra	Ensayo	Unidad	R1	R2
SPVCT-50	Actividad antioxidante (ABTS)	μmol TE/g	17.59	17.69
SPVCT-60	Actividad antioxidante (ABTS)		14.3	14.26
SPVCT-70	Actividad antioxidante (ABTS)		12.93	13.52
SPVCT-80	Actividad antioxidante (ABTS)		12.21	11.78
SPVCT-A	Actividad antioxidante (ABTS)		20.41	20.23

Anexo 6. Informe de análisis del contenido de antocianinas totales emitido por el instituto de ciencias de los alimentos y nutrición (ICAN).

	<p>Instituto de Ciencias de los Alimentos y Nutrición Universidad San Ignacio de Loyola S.A. RUC. 20297868790</p>	<p>Página 1 de 2</p>		
<p>INFORME DE ENSAYO No. 0041-23_CIQA</p>				
<p>N° Orden de Trabajo:</p>	<p>ICAN-0060-23</p>			
<p>Cliente:</p>	<p>Huber Joel Changa Inga</p>			
<p>Ruc:</p>	<p>-</p>			
<p>Dirección legal del cliente:</p>	<p>-</p>			
<p>Código de cliente:</p>	<p>-</p>			
<p>Numero de contrato (cotización):</p>	<p>ICAN-0079-23</p>			
<p>Producto descrito por el cliente:</p>	<p>05 muestras de subproductos de papa</p>			
<p>Identificación de la muestra:</p>	<p>CIQA-099 al CIQA-0103</p>			
<p>Numero de muestras:</p>	<p>05</p>			
<p>Código de muestras - Cantidad:</p>	<p>CIQA-099; CIQA-100; CIQA-101; CIQA-102; CIQA-103</p>			
<p>Procedencia de la muestra:</p>	<p>Proporcionado por el cliente</p>			
<p>Presentación de la muestra:</p>	<p>Bolsa plástica</p>			
<p>Fecha de recepción de la muestra:</p>	<p>12-12-2023</p>			
<p>Fecha de inicio de análisis:</p>	<p>02-01-2024</p>			
<p>Fecha de término de análisis:</p>	<p>05-01-2024</p>			
<p>Fecha de emisión de Informe:</p>	<p>05-01-2024</p>			
<p>RESULTADOS</p>				
<p>Muestra</p>	<p>Ensayo</p>	<p>Unidad</p>	<p>Resultado</p>	<p>Incertidumbre</p>
<p>SPVCT-50</p>	<p>Antocianinas totales (pH-diferencial)*</p>	<p>Cyanidin-3-glucoside (mg/kg)</p>	<p>606.90</p>	<p>---</p>
<p>SPVCT-60</p>	<p>Antocianinas totales (pH-diferencial)*</p>		<p>533.71</p>	<p>---</p>
<p>SPVCT-70</p>	<p>Antocianinas totales (pH-diferencial)*</p>		<p>440.07</p>	<p>---</p>
<p>SPVCT-80</p>	<p>Antocianinas totales (pH-diferencial)*</p>		<p>312.48</p>	<p>---</p>
<p>SPVCT-A</p>	<p>Antocianinas totales (pH-diferencial)*</p>		<p>418.41</p>	<p>---</p>
<p>ANEXO</p>				
<p>Ensayo</p>	<p>Norma</p>	<p>Técnica</p>	<p>Rango</p>	
<p>Antocianinas totales (pH-diferencial)*</p>	<p>Yin, Liqin & Chen, Tao & Li, Yun & Fu, Shaohong & Li, Lan & Xu, Mingchao & Niu, Yingze. (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</p>	<p>---</p>	<p>---</p>	

Research. 22. 219-226. 10.3136/fstr.22.219. DOI: 10.3136/fstr.22.219		
---	--	--

ANEXOS 1				
Muestra	Ensayo	Unidad	R1	R2
SPVCT-50	Antocianinas totales (pH-diferencial)	Cyanidin 3- glucoside (mg/kg)	610.18	603.62
SPVCT-60	Antocianinas totales (pH-diferencial)		527.15	540.26
SPVCT-70	Antocianinas totales (pH-diferencial)		441.42	438.71
SPVCT-80	Antocianinas totales (pH-diferencial)		310.09	314.87
SPVCT-A	Antocianinas totales (pH-diferencial)		424.55	412.26

Nota:

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL – DA.

(**) Por cálculo matemático

Los resultados indicados en el presente informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial o total de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están recogidas en el anexo técnico adjunto.

El cliente debe proporcionar todos los datos asociados a la toma de Muestras, si ha sido efectuado por él.

N/A: No Aplica.

Los resultados de los ensayos no deberán ser utilizados como una certificación de conformidad o como un certificado del sistema de calidad.

Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL.




Mg. SC. SANDRA CASIMIRO GONZALES

Jefe del CIQA

Vicerectorado de Investigación - USIL

Anexo 7. Informe de análisis del contenido de contenido de fenólicos totales y capacidad antioxidante (DPPH) emitido por el instituto de ciencias de los alimentos y nutrición (ICAN).



Instituto de Ciencias de los Alimentos y
Nutrición
Universidad San Ignacio de Loyola S.A.
RUC. 20297868790

Página 1 de 2

INFORME DE ENSAYO No. 0004-24_CIQA

N° Orden de Trabajo: ICAN-0004-24
Cliente: Huber Joel Changa Inga
Ruc: -
Dirección legal del cliente: -
Código de cliente: -
Numero de contrato (cotización): ICAN-0004-24
Producto descrito por el cliente: 05 muestras de subproductos de papa
Identificación de la muestra: CIQA-0013 al CIQA-0017
Numero de muestras: 05
Código de muestras - Cantidad: CIQA-0013; CIQA-0014; CIQA-0015; CIQA-0016; CIQA-0017
Procedencia de la muestra: Proporcionado por el cliente
Presentación de la muestra: Bolsa plástica
Fecha de recepción de la muestra: 12-02-2024
Fecha de inicio de análisis: 12-02-2024
Fecha de término de análisis: 19-02-2024
Fecha de emisión de Informe: 12-02-2024

RESULTADOS

Muestra	Ensayo	Unidad	Resultado	Incertidumbre
SPVCT-50	Polifenoles totales	mg GAE/kg	3010.79	---
SPVCT-60	Polifenoles totales		2307.89	---
SPVCT-70	Polifenoles totales		2017.79	---
SPVCT-80	Polifenoles totales		1340.80	---
SPVCT-A	Polifenoles totales		3007.81	---
SPVCT-50	Actividad antioxidante (DPPH)*	umol TE/g	11.51	---
SPVCT-60	Actividad antioxidante (DPPH)*		8.46	---
SPVCT-70	Actividad antioxidante (DPPH)*		7.62	---
SPVCT-80	Actividad antioxidante (DPPH)*		5.79	---
SPVCT-A	Actividad antioxidante (DPPH)*		11.93	---

ANEXO			
Ensayo	Norma	Técnica	Rango
Polifenoles totales*	Prior, R. L., Wu, X. & Schaich, K. 2005. Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. J. Agric. Food Chem. 53, 4290–4302	---	---
Actividad antioxidante (DPPH)*	Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E. & Berset, C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. LWT Food Sci. Technol. 28, 25–30	---	---

ANEXO 1				
Muestra	Ensayo	Unidad	R1	R2
SPVCT-50	Polifenoles totales	mg GAE/kg	3026.35	2995.23
SPVCT-60	Polifenoles totales		2315.68	2300.09
SPVCT-70	Polifenoles totales		2002.21	2033.37
SPVCT-80	Polifenoles totales		1348.60	1333.00
SPVCT-A	Polifenoles totales		2984.43	3031.18
SPVCT-50	Actividad antioxidante (DPPH)*	μmol TE/g	11.43	11.59
SPVCT-60	Actividad antioxidante (DPPH)*		8.5	8.42
SPVCT-70	Actividad antioxidante (DPPH)*		7.56	7.68
SPVCT-80	Actividad antioxidante (DPPH)*		5.75	5.83
SPVCT-A	Actividad antioxidante (DPPH)*		11.85	12.01

Nota:

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL – DA.

(**) Por cálculo matemático

Los resultados indicados en el presente informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial o total de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están recogidas en el anexo técnico adjunto.

El cliente debe proporcionar todos los datos asociados a la toma de Muestras, si ha sido efectuado por él.

N/A: No Aplica.

Los resultados de los ensayos no deberán ser utilizados como una certificación de conformidad o como un certificado del sistema de calidad.

Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL.



Mg. SC. SANDRA CASIMIRO GONZALES

Jefe del CIQA

Vicerectorado de Investigación - USIL

Anexo 8. Determinación de humedad del subproducto de papa nativa de la variedad cacho de toro en estado fresco.

Temperatura (°C)	Repeticiones	Tiempo (minutos)	Peso inicial en rodajas(g)	Peso final (g)	Humedad (%)	Humedad final en fresco (%) + humedad de la harina
50	R1	200	306.35	100.17	67.30	77.20
	R2	200	305.45	99.65	67.37	77.12
	R3	200	309.67	102.43	66.92	76.77
60	R1	160	305.49	103.97	65.97	77.36
	R2	160	307.16	100.63	67.24	78.36
	R3	160	309.34	101.74	67.11	78.08
70	R1	140	310.02	102.63	66.90	77.76
	R2	140	306.83	102.79	66.50	77.62
	R3	140	308.84	101.39	67.17	78.07
80	R1	120	302.52	99.46	67.12	76.77
	R2	120	312.85	100.35	67.92	77.04
	R3	120	309.81	99.42	67.91	77.83
Ambiente	R1	5760	306.50	107.51	64.92	77.98
	R2	5760	302.61	109.38	63.85	77.19
	R3	5760	304.34	108.56	64.33	77.52

Nota. Secado al ambiente (19°C ± 0.05).

Temperatura °C	Humedad (%) – Subproducto de papa nativa - Cacho de toro				
	R1	R2	R3	Promedio	DS
50	77.20	77.12	76.77	77.03	0.23
60	77.36	78.36	78.08	77.93	0.52
70	77.76	77.62	78.07	77.82	0.23
80	76.77	77.04	77.83	77.21	0.55
Ambiente	77.98	77.19	77.52	77.56	0.40

Nota. Secado al ambiente (19°C ± 0.05)

Anexo 9. Determinación de humedad del subproducto de papa nativa de la variedad cacho de toro secada a diversas temperaturas.

Temperatura °C	Repeticiones	Peso inicial	Peso final	Humedad (%)
		muestra (g)	muestra (g)	
50	R1	5.0036	4.5081	9.9
	R2	5.0063	4.5185	9.74
	R3	5.0047	4.5117	9.85
60	R1	5.0081	4.4376	11.39
	R2	5.0025	4.4461	11.12
	R3	5.0085	4.4591	10.97
70	R1	5.0086	4.4643	10.87
	R2	5.0079	4.4511	11.12
	R3	5.0055	4.4598	10.9
80	R1	5.001	4.5185	9.65
	R2	5.0058	4.5496	9.11
	R3	5.0247	4.5262	9.92
Ambiente	R1	5.0048	4.3512	13.06
	R2	5.003	4.3358	13.34
	R3	5.0024	4.3426	13.19

Nota. Secado al ambiente ($19^{\circ}\text{C} \pm 0.05$), desviación estándar (DS).

Temperatura °C	Humedad (%) – Subproducto de papa nativa - Cacho de toro				
	R1	R2	R3	Promedio	DS
50	9.90	9.74	9.85	9.83	0.08
60	11.39	11.12	10.97	11.16	0.21
70	10.87	11.12	10.90	10.96	0.14
80	9.65	9.11	9.92	9.56	0.41

Nota. Secado al ambiente ($19^{\circ}\text{C} \pm 0.05$), desviación estándar (DS).

Anexo 10. Determinación del contenido de fenólicos totales.

Contenido de fenólicos totales						
	R1	R2	r1	r2		
Temperatura de secado	Contenido de fenólicos totales (mg/kg de muestra seca)		Contenido de fenólicos totales (mg GAE/kg de subproducto en base seca)		Promedio	D.S
50°C	3026.35	2995.23	3356.36	3321.85	3339.11	24.4
60°C	2315.68	2300.09	2606.61	2589.06	2597.83	12.41
70°C	2002.21	2033.37	2248.73	2283.73	2266.23	24.75
80°C	1348.6	1333	1491.17	1473.92	1482.54	12.2
Ambiente	2984.43	3031.18	3438.09	3491.9	3465.02	38.08

Nota. Secado al ambiente (19°C ± 0.05), desviación estándar (DS).

Anexo 11. Determinación de la capacidad antioxidante (DPPH).

Capacidad Antioxidante DPPH						
	R1	R2	r1	r2		
Temperatura de secado	Capacidad antioxidante (µmol TE/g de muestra seca)		Capacidad antioxidante (µmol TE/g de subproducto en base seca)		Promedio	D.S
50°C	11.43	11.59	11.43	11.59	11.51	0.11
60°C	8.5	8.42	8.50	8.42	8.46	0.06
70°C	7.56	7.68	7.56	7.68	7.62	0.08
80°C	5.57	5.83	5.57	5.83	5.70	0.18
Ambiente	11.85	12.01	11.85	12.0	11.93	0.11

Nota. Secado al ambiente (19°C ± 0.05), desviación estándar (DS).

Anexo 12. Determinación de la Capacidad antioxidante (ABTS)

Capacidad antioxidante ABTS						
	R1	R2	r1	r2		
Temperatura de secado	Capacidad antioxidante ($\mu\text{mol TE/g de muestra seca}$)		Capacidad antioxidante ($\mu\text{mol TE/g de subproducto en base seca}$)		Promedio	D. S
50°C	17.59	17.69	17.59	17.69	17.64	0.07
60°C	14.3	14.26	14.30	14.26	14.28	0.03
70°C	12.93	13.52	12.93	13.52	13.23	0.42
80°C	12.21	11.78	12.21	11.78	12.00	0.30
Ambiente	20.41	20.23	20.41	20.2	20.32	0.13

Nota. Secado al ambiente ($19^{\circ}\text{C} \pm 0.05$), desviación estándar (DS).

Anexo 13. Determinación del contenido de antocianinas totales.

Antocianinas totales						
	R1	R2	r1	r2		
Temperatura de secado	Antocianinas (Cyanidin-3 glucoside mg/kg de muestra seca)		Antocianinas (Cyanidin-3 glucoside mg/kg de subproducto en base seca)		Promedio	D. S
50°C	610.18	603.62	610.18	603.62	606.90	4.64
60°C	527.15	540.26	527.15	540.26	533.71	9.27
70°C	441.42	438.71	441.42	438.71	440.07	1.92
80°C	310.09	314.87	310.09	314.87	312.48	3.38
Ambiente	424.55	412.26	424.55	412.26	418.41	8.69

Nota. Secado al ambiente ($19^{\circ}\text{C} \pm 0.05$), desviación estándar (DS).

Anexo 14. Determinación del análisis proximal del subproducto seco de papa nativa de la variedad cacho de toro.

subproducto de papa nativa cacho de toro						
Parámetros	R1 (base húmeda)	R1 (base seca)	R2 (base húmeda)	R2 (base seca)	Promedio	DS
Humedad	11.13		11.14		11.14	0.01
Ceniza	4.04	4.55	4.02	4.52	4.53	0.02
Grasa	1.24	1.40	1.26	1.42	1.41	0.02
Proteína	7.69	8.65	7.7	8.67	8.66	0.01
Carbohidratos	75.9	85.41	75.88	85.39	85.40	0.01
Fibra cruda	1.9	2.14	1.89	2.13	2.13	0.01
Energía	345.52		345.66		345.59	0.10

Nota. Desviación estándar (DS).