

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE INGENIERIA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



**CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y FUNCIONAL DE
HARINA PRE COCIDA DE DOS VARIEDADES DE PITUCA
(*Colocasia esculenta*) OBTENIDA POR EXTRUSIÓN**

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

PRESENTADO POR:

XIOMARA ASTRID, AYBAR LEÓN

**Tingo María – Perú
2022**

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE INGENIERIA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



**CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA Y FUNCIONAL DE
HARINA PRE COCIDA DE DOS VARIEDADES DE PITUCA
(*Colocasia esculenta*) OBTENIDA POR EXTRUSIÓN**

Autor	: Xiomara Astrid Aybar León
Asesor	: Ing. Yolanda J. Ramírez Trujillo
Programa de investigación	: Ciencias Químicas
Línea de investigación	: Ciencias Químicas
Eje temático Alimentarios	: Propiedades Físicas y Químicas de Productos
Lugar de ejecución	: Universidad Nacional Agraria de la Selva
Duración	: 6 meses
Financiamiento	: Propio

Tingo María - Perú

2021



VICERRECTORA DE INVESTIGACIÓN OFICINA DE INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

REGISTRO DE TESIS PARA OBTENCION DEL TITULO UNIVERSITARIO

I. DATOS GENERALES DE PREGRADO

Universidad : Universidad Nacional Agraria de la Selva
Facultad : Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias
Título de la Tesis : "CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y FUNCIONAL DE HARINA PRE COCIDA DE DOS VARIEDADES DE PITUCA (*Colocasia esculenta*) OBTENIDA POR EXTRUSIÓN"
Autor : Aybar León, Xiomara Astrid
Asesor de Tesis : Ing. Msc. Ramírez Trujillo, Yolanda Jesús
Programa de Investigación : Ciencias Químicas
Línea de Investigación : Ciencias Químicas
Eje Temático de Investigación: Propiedades Físicas y Químicas de Productos Alimentarios
Lugar de Ejecución : Laboratorios FIHA - UNAS
Duración : Fecha de Inicio : 17/03/2021
Fecha de Término: 28/09/2021
Financiamiento : Propio

TINGO MARIA – PERU

2021

Ing. Yolanda Jesús Ramírez Trujillo
Asesora

Bach. Xiomara Astrid Aybar León
Tesisista



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María
FACULTAD DE INGENIERIA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
Carretera Central Km. 1.21. Teléfono (062) 561385
Apartado Postal 156 Tingo María E.mail; fia@unas.edu.pe

"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia".

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 006-2021

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos en acto público en forma virtual a las 8:00 horas del día 15 de noviembre del 2021, en el equipo: Sustentación de Tesis de Pregrado FIIA-UNAS en la Plataforma Ms Teams, para calificar la tesis presentada por la Bach. **XIOMARA ASTRID AYBAR LEÓN**, titulada:

CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA Y FUNCIONAL DE HARINA PRE COCIDA DE DOS VARIEDADES DE PITUCA (*Colocasia esculenta*) OBTENIDAS POR EXTRUSIÓN

Después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las preguntas formuladas, lo declaran **APROBADA** con el calificativo de **MUY BUENO**, en consecuencia, la sustentante, queda apta para obtener el título de **Ingeniero en Industrias Alimentarias**, de conformidad con el artículo 45° numeral 45.2, de la Ley Universitaria 30220; los artículos 132 inciso "k" y 135 inciso "f" del Estatuto de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Tingo María, 15 de noviembre del 2021

.....
Ing. Eduardo Alejandro Cáceres Almenara
Presidente

.....
Ing. Williams Vicente Roldán Carbajal
Miembro

.....
Ing. Luz Milagros Follegatti Romero
Miembro

.....
Ing. Yolanda Jesús Ramírez Trujillo
Asesora

DEDICATORIA

A DIOS

Por brindarme la vida y guiarme en todo momento, llenándome de fortaleza, sabiduría y conocimiento para alcanzar mis metas.

A mi querida abuela

Por su cariño, sus sabios consejos y apoyo moral en los momentos de dificultad y enseñarme a que todo lo puedo en Cristo que me fortalece.

A mis queridos padres

Yesica Yajahira León Cusicahua con infinita gratitud y profundo amor por su esfuerzo de sacarme adelante y Juan Clodoaldo Ramón Vicente por brindarme la oportunidad de tener una profesión.

A mis hermanos

Manuel, Kevin, Zaid y Allen por su apoyo y comprensión durante el desarrollo de mi carrera

AGRADECIMIENTO

A DIOS por darme la vida y fuerzas para salir adelante día a día.

A mis padres Yesica Yajaira León Cusicahua y Juan Ramón Vicente por la educación que me brindaron y por apoyarme con todo lo que pudieron.

A mi alma mater Universidad Nacional Agraria de la Selva, en especial a los docentes de la carrera de ingeniería en Industrias Alimentarias.

A mi asesora de Tesis Ing. Yolanda Ramírez Trujillo, por su apoyo constante en la redacción de esta tesis y al Dr. Pedro Peláez Sánchez por su apoyo y conocimientos brindados.

A la Sissy Meryll Pérez Peláez, Ing. Darlym Reátegui, Ing., por su apoyo, conocimiento y amistad durante la ejecución de este proyecto.

A los miembros del jurado Calificador: Ing. Eduardo Cáceres Almenara Ing. Williams Roldán Carbajal, Ing. Luz Milagros Follegatti por las sugerencias brindadas en la elaboración y culminación de la investigación.

A mis amigos y todas aquellas personas que colaboraron de alguna u otra manera en la ejecución de esta tesis.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Generalidades de la pituca (<i>Colocasia esculenta</i>)	3
2.1.1. Definición	3
2.1.2. Clasificación taxonómica.....	3
2.1.3. Composición proximal.....	3
2.1.4. Especie y distribución.....	6
2.1.5. Formas hortícolas.....	6
2.1.6. Usos	6
2.2. Harina de pituca	7
2.2.1. Métodos de producción.....	7
2.2.2. Propiedades de la harina de pituca.....	7
2.2.3. Almidón en pituca.....	8
2.3. Extrusión de alimentos.....	8
2.3.1. Tipos de extrusoras	9
2.3.2. Extrusoras de un solo tornillo	9
2.3.3. Extrusoras de doble tornillo.....	9
2.3.4. Partes del extrusor.....	9
2.3.5. Ventajas y desventajas del proceso de extrusión.....	10
2.3.6. Efecto de variables en proceso de extrusión sobre las características de calidad	11
2.3.7. Efecto de la extrusión en las propiedades nutricionales	12
2.3.8. Harina precocida por extrusión.....	13
2.4. Alimento funcional.....	13
2.4.1. Polifenoles y capacidad antioxidante.....	14
2.4.2. Capacidad antioxidante.....	16
2.5. Calorimetría diferencial de barrido (DSC).....	16
2.5.1. El termograma DSC.....	17
2.5.2. Tipos de proceso de DSC	18
III. MATERIALES Y MÉTODOS	19
3.1. Lugar de ejecución	19

3.2.	Materiales, equipos y reactivos	19
3.2.1.	Materia prima.....	19
3.2.2.	Materiales de laboratorio	19
3.2.3.	Equipos de laboratorio	19
3.2.4.	Reactivos.....	20
3.2.5.	Métodos de análisis.....	20
3.3.	Metodología experimental	20
3.3.1.	Acondicionamiento de la muestra	20
3.3.2.	Elaboración de harina precocida por extrusión de pituca blanca y morada..	22
3.3.3.	Caracterización fisicoquímica	23
3.3.4.	Caracterización por DSC	25
3.3.5.	Preparación del extracto fresco y harina precocida	25
3.3.6.	Evaluación de la capacidad antioxidante	26
3.3.7.	Evaluación de Polifenoles.....	26
3.3.8.	Evaluación de Flavonoides	26
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
4.1.	Caracterización fisicoquímica de las pitucas blanca y morada	27
4.1.1.	Humedad.....	27
4.1.2.	Acidez titulable y pH	27
4.1.3.	Grasa	28
4.1.4.	Proteína	28
4.1.5.	Fibra	28
4.1.6.	Ceniza	28
4.1.7.	Índice de absorción de agua (IAA).....	28
4.1.8.	Índice de solubilidad en agua (ISA)	29
4.2.	Calorimetría diferencial de barrido en la pituca morada y blanca	29
4.2.1.	Propiedades térmicas	29
4.3.	Caracterización funcional de la pituca morada y blanca.....	31
4.3.1.	Actividad antioxidante.....	31
4.3.2.	Polifenoles	32
4.3.3.	Flavonoides.....	32
4.4.	Caracterización fisicoquímica de las harinas obtenidas por extrusión.....	33
4.4.1.	Humedad.....	35

4.4.2. Acidez titulable y pH	35
4.4.3. Grasa	36
4.4.4. Fibra	36
4.4.5. Proteína	36
4.4.6. Ceniza	37
4.4.7. Índice de absorción de agua (IAA).....	38
4.4.8. Índice de solubilidad en agua (ISA)	38
4.5. Características térmicas de las harinas precocidas obtenidas por extrusión	39
4.5.1. Propiedades térmicas	41
4.6. Caracterización funcional de la harina precocida obtenida por extrusión	42
4.6.1. Actividad antioxidante	44
4.6.2. Polifenoles	45
4.6.3. Flavonoides.....	45
V. CONCLUSIONES	46
VI. PROPUESTAS A FUTURO.....	47
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48
ANEXO	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Composición de la Pituca (<i>Colocasia esculenta</i>).....	4
2. Composición nutricional de la pituca analizada: Crudo, hervido y horneado con sal	5
3. Contenido de amilosa y amilopectina de alimentos	8
4. Requisitos fisicoquímicos para la harina precocida de maíz	13
5. Clasificación de los compuestos polifenólicos	15
6. Resultados de la caracterización fisicoquímica de la pituca.....	27
7. Resultados de caracterización por DSC, propiedades térmicas de la pituca.....	29
8. Resultado de la caracterización funcional de la pituca	31
9. Resultados de la caracterización fisicoquímica de la harina precocida.....	33
10. Resultados de la caracterización fisicoquímica de la harina precocida de pituca morada y blanca obtenida por extrusión a diferentes humedades	33
11. Resultados de caracterización fisicoquímico de la harina precocida de pituca morada y blanca obtenida por extrusión a diferentes humedades	34
12. Resultados de caracterización por DSC, propiedades térmicas de la harina precocida de pituca morada y blanca obtenida por extrusión	39
13. Resultados de caracterización de las propiedades térmicas de la harina precocida de pituca obtenida por extrusión a diferentes humedades	39
14. Resultados de caracterización por DSC, propiedades térmicas de la harina precocida de pituca morada y blanca obtenida por extrusión a diferentes humedades	40
15. Resultados de caracterización funcional de la harina precocida de pituca morada y blanca obtenida por extrusión	42
16. Resultados de caracterización funcional de la harina precocida de pituca morada y blanca obtenida por extrusión. extruido a diferentes humedades	42
17. Resultados de caracterización funcional de la pituca morada y blanca extruidas a diferentes humedades	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Secciones mecánicas de una extrusora de alimentos de un solo tornillo	4
2. Perfil de la curva DSC: a) pico exotérmico; b) pico endotérmico	17
3. Curva de calentamiento	18
4. Diagrama de flujo del acondicionamiento de la muestra y análisis	21
5. Flujograma de elaboración de la harina precocida obtenida por extrusión	23
6. Termograma DSC de la pituca morada y harina precocida	30
7. Termograma DSC de la pituca blanca y harina precocida	30

Resumen

El objetivo de la investigación fue: determinar las características fisicoquímicas, funcionales y térmicas de dos variedades de pituca (*Colocasia esculenta*) y de sus harinas precocidas obtenidas por extrusión. Para obtener las harinas precocidas: las muestras con diferentes humedades se llevaron a extrusión. Las características fisicoquímicas de las pitucas morada y blanca fueron: humedad (66,46 y 71,835%), ceniza (3,19 y 3,96%), ac. titulable (0,20 y 0,30 %), pH (6,63 y 6,88), grasa (0,68 y 0,76%), proteína (5,37 y 7,82%), fibra (1,46 y 2,54%), ISA (14,80 y 10,13%), IAA (3,36 y 2,38 g gel/g). La variedad morada contiene mayores compuestos funcionales: capacidad antioxidante en función a los radicales DPPH ($4,22 \pm 0,31$ b uMol ET/g), radical ABTS ($25,75 \pm 1,32$ uMol ET/g), polifenoles ($140,77 \pm 5,34$ b mg EAG/100g) y flavonoides ($63,75 \pm 1,12$ b mg EC/100g). En la caracterización térmica por DSC, la variedad morada presentó elevadas temperaturas de transición y menor energía ($7,72 \pm 1,34$ J/g). Las características fisicoquímicas de las harinas están en el rango de: Humedad (10,11 - 7,08%), ceniza (4,12 - 3,33%), ac. titulable (0,44 - 0,20%), pH (6,82 - 6,29), grasa (0,49 - 0,21%), proteína (7,58 - 3,68%), fibra (1,47 - 1,06%), ISA (73,77 - 36,85%), IAA (3,54 - 1,29 g gel/g). La harina de variedad morada extruida a 15% de humedad presentó mayores valores en: actividad antioxidante por DPPH (9,50 μ mol ET/g), por ABTS (63,32 μ mol ET/g), polifenoles (411,50 mg EAG/100g), flavonoides (138,84 g EC/100g). En la caracterización térmica, la harina de la variedad morada extruida con 15% de humedad, la energía requerida decrece significativamente.

Palabras claves: hortalizas de raíz, michucsi, pituca, *Colocasia esculenta*.

Abstract

The objective of the research was to determine the physicochemical, functional, and thermal characteristics of two taro (*Colocasia esculenta*) varieties and their pre-cooked flours obtained through extrusion. The physicochemical characteristics of the purple and white taro were: moisture (66.46 and 71.835%), ash (3.19 and 3.96%), titratable acidity (0.20 and 0.30 %), pH (6.63 and 6.88), fat (0.68 and 0.76%), protein (5.37 and 7.82%), fiber (1.46 and 2.54%), WSI (ISA in Spanish) (14.80 and 10.13%), and WAI (IAA in Spanish) (3.36 and 2.38 g gel/g). The purple variety had greater functional compounds: antioxidant capacity as a function of the DPPH radicals ($4.22 \pm 0.31b$ $\mu\text{mol ET/g}$), ABTS radical (25.75 ± 1.32 $\mu\text{mol ET/g}$), polyphenols ($140.77 \pm 5.34b$ mg EAG/100g), and flavonoids ($63.75 \pm 1.12b$ mg EC/100g). For the thermal characterization through DSC, the purple variety presented elevated transition temperatures and lower energy (7.72 ± 1.34 J/g). The physicochemical characterization of the flours were in the range of: moisture (10.11 – 7.08%), ash (4.12 – 3.33%), titratable acidity (0.44 – 0.20%), pH (6.82 – 6.29), fat (0.49 – 0.21%), protein (7.58 – 3.68%), fiber (1.47 – 1.06%), WSI (ISA in Spanish) (73.77 – 36.85%), and WAI (IAA in Spanish) (3.54 – 1.29 g gel/g). The flour from the purple variety extruded at 15% moisture presented greater values in: DPPH antioxidant activity (9.50 $\mu\text{mol ET/g}$), for ABTS (63.32 $\mu\text{mol ET/g}$), polyphenols (411.50 mg EAG/100g), and flavonoids (138.84 g EC/100g). In the thermal characterization, for the flour from the purple variety extruded with 15% moisture the energy required decreased significantly.

Keywords: root vegetables, taro, *Colocasia esculenta*

I. INTRODUCCIÓN

La pituca (*Colocasia esculenta*) es un cultivo antiguo que se originó en Asia y se expandió a muchas partes del mundo donde se conoce como taro, eddo, dasheen o cocoyam, en la región amazónica el tubérculo es conocida como mafafa, malanga, chonque, papa china y pituca. Actualmente en la zona del Alto Huallaga es un cultivo de subsistencia y se consume como alimento básico, aunque se dé la producción de este tubérculo existen niveles bajos de transformación, valor agregado y desarrollo de nuevos productos (Okonkwo, 1993; Orccottoma, 2012).

La elaboración de las harinas extrudidas es una opción para el desarrollo de nuevos alimentos, contribuyendo en la alimentación y nutrición, puesto que el proceso de extrusión conlleva a la pregelatinización de los gránulos de almidón, poder de hinchamiento en frío y en caliente, siendo altamente recomendado en la elaboración de productos alimenticios instantáneos como salsas, cremas, sopas etc (Alam et al., 2015). Entonces, se podría utilizar el tubérculo de pituca por su elevada presencia de almidón y beneficios nutricionales como el contenido de fibra, minerales, vitaminas y compuestos fenólicos (Calle et al., 2021; Kaur et al., 2012).

La producción de pituca en el distrito de Daniel Alomias Robles distrito de la provincia de Leoncio Prado es de 760 kg/ha, solo el 5% es para el mercado y 95% para autoconsumo (Valeriano, 2018) dejando evidenciado la disponibilidad del tubérculo.

Este trabajo de investigación se ha enfocado en la caracterización fisicoquímica y funcional de dos variedades del tubérculo de pituca (blanca y morada), con porcentajes de humedad 15, 20, 25 y 30% durante el proceso de obtención de una harina precocida por extrusión.

Por las consideraciones indicadas, en la presente investigación se planteó el siguiente objetivo general: Caracterizar fisicoquímica y funcionalmente la pituca y harina precocida de pituca (*Colocasia esculenta*) obtenida por extrusión y como objetivos específicos:

- Determinar las características fisicoquímicas, calorimétricas y contenido de polifenoles, flavonoides y actividad antioxidante de pituca blanca y morada.

- Determinar las características fisicoquímicas, calorimétricas y contenido de polifenoles, flavonoides y actividad antioxidante de harina de pituca blanca y morada obtenidas por extrusión.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Generalidades de la pituca (*Colocasia esculenta*)

2.1.1. Definición

Comúnmente llamada pituca, es una planta perenne de 1 a 2,5 metros de altura, tiene tallos cormosos de 15 a 18 cm de diámetro con cicatrices laminares, con pequeños cormitos secundarios en la parte inferior de los tallos y hojas con peciolo de hasta 2,1 metros de largo (Orccottoma, 2012).

Los cormos son tubérculos comestibles de cáscara color marrón oscura, con forma ovoide y pulpa almidonosa (Madrigal et al., 2018).

2.1.2. Clasificación taxonómica

La pituca (*Colocasia esculenta* L. Schott) es un cultivo de raíces con gran contenido de almidón, conocida por pertenecer a las plantas tuberosas de la familia *Araceae* (Simsek y El, 2015).

La clasificación taxonómica de la pituca según la FAO (1999) es la siguiente:

Reino	<i>Plantae</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Liliopsida</i>
Orden	<i>Alismatales</i>
Genero	<i>Colocasia</i>
Especie	<i>Colocasia esculenta</i>
Nombre binomial	<i>Colocasia esculenta</i> (L.) Schott

2.1.3. Composición proximal

En la Tabla 1 se presenta la composición de la pituca en sus formas crudo, hervido y al horno, según Sakai (1979) y en la Tabla 2 se presenta la composición nutricional de la Pituca (*Colocasia esculenta*) analizada cruda, hervida y horneada con sal, según lo reportado por Ribeiro et al. (2020).

Tabla 1. Composición de la Pituca (*Colocasia esculenta*).

Composición	Nutriente por 100 g de peso seco		
	Crudo	Hervido	Al horno
Calorías	98	120	168
Carbohidratos (g)	28,7	29	40
Proteínas (g)	1,9	1,0	1,7
Agua(g)	-	69,1	55,8
Grasas (g)	0,2	0.1	0,2
Fibra (g)	0,8	-	0,7
Calcio (mg)	28	24	31,4
Hierro (mg)	1,0	0,9	1,0
Fosforo (mg)	61	25	58
Ácido ascórbico (mg)	4	Indicios	Indicios
Niacina (mg)	1,1	0,6	1,1
Riboflavina (mg)	0,040	0,024	0,027
Tiamina (mg)	0,130	0,096	0,105

Fuente: Sakai, (1979)

Tabla 2. Composición nutricional de la pituca analizada: Crudo, hervido y horneado con sal.

Composición	Nutriente por 100 g de peso seco		
	Crudo	Hervido	Al horno con sal
Agua	70,64 g	63,8 g	60,98 g
Energía	112 kcal	142 kcal	144 kcal
Carbohidratos	26,46 g	34,6 g	34,09 g
Proteína	1,5 g	0,52 g	1,93 g
Grasa total	0,20 g	0,11 g	0,26 g
Colesterol	0 mg	0 mg	0 mg
Fibra dietética	4,1	5,1 g	5,3 g
Ceniza	1,2 g	0,97 g	-
Vitaminas			
Folatos	0,022 mg	0,019 mg	0,023 mg
Niacina	0,600 mg	0,510 mg	0,734 mg
Acido pantoténico	0,303 mg	0,336 mg	-
Riboflavina	0,025 mg	0,028 mg	0,031 mg
Tiamina	0,095 mg	0,107 mg	0,110 mg
Vitamina A	0,004 mg	0,004 mg	0,005 mg
Vitamina C	4,5 mg	5 mg	4,3 mg
Vitamina E	2,38 mg	2, 93 mg	3,07 mg
Vitamina K	0,001 mg	0,0012 mg	0,0013 mg

Fuente: Ribeiro et al. (2020).

En un estudio realizado por Calle et al., (2021) se evaluó la composición química de los cormelos de *Colocasia spp* y *Xanthosoma spp*, presenciándose que la harina de *Colocasia* contenía valores más altos que *Xanthosoma spp*, tal como de proteína (10,32% frente a 9,65%), cenizas (5,65% frente a 5,05%) y oxalatos (0,32% frente a 0,22%).

En el estudio realizado por Arici et al. (2016) en harina de taro secado obtenida por corriente de aire, el contenido de cenizas varió 1,64 a 3,11 %. Kaur et al. (2011) determinaron valores de Ceniza de 1,2 %, grasa cruda 1,0%, y proteína 2,0% en la harina de taro secado a corriente de aire caliente.

Hendek et al. (2019) determinaron en harina de taro obtenida por liofilización contenido de proteína de 14,87 %, grasa 0,92 % y ceniza 5,94 %.

2.1.4. Especie y distribución

La familia *Araceae* contiene unos 100 géneros, que son más numerosos en las zonas húmedas y sombrías de los trópicos; solo cinco de esos géneros se cultivan en medida apreciable como cultivos alimentarios. dos de ellos, *Colocasia* y *Xanthosoma*.

Se cree que las especies antiguas *Colocasia esculenta* (L.) Schott var. *esculenta* y *Colocasia esculenta* (L.) Schott var. *antiquorum* tienen su origen en un ante pasado silvestre del Asia sudoriental, la *C. esculenta* que se llevó hace mucho tiempo a China y de allí al Japón. Dicha especie llegó al mediterráneo oriental en la época clásica; Plinio el Viejo (23 a 79 años d. C.) deja constancia de él en Egipto. De allí pasó a Italia y España, y después al Nuevo Mundo y a todas las partes (Redhead, 1990).

2.1.5. Formas hortícolas

El Perú produce dos subespecies, la blanca que es de mayor tamaño y la morada con sabor poco agradable. La diferencia en el color radica en que la otra subespecie posee mayor cantidad de ramificaciones moradas, lo cual hace percibir una mayor intensificación de color morado (Orccottoma, 2012).

Las pitucas tienen un buen potencial de producción en la temporada de lluvias, ya que se puede cultivar en tierras inundadas estacionalmente y puede sobrevivir bajo el agua cortos periodos, los cormos son una buena fuente de carbohidratos y otros nutrientes, que complementa una dieta que tiende a ser deficiente durante períodos particulares de los cultivos (FAO, 2012).

2.1.6. Usos

Las hojas y los bulbos se deben lavar, hervir, cocinar al vapor y blanquear antes de ser consumidas debido a su contenido de oxalato (Sharma et al., 2012).

Martins et al. (2020) mencionan que, entre las aplicaciones de harina reportadas en diferentes investigaciones en la industria alimentaria, tiene muchos usos debido a su versatilidad como estabilizador, espesante, producción de películas biodegradables, emulsionante y gelificante, Alam et al. (2020) mencionan también que el uso como agente de relleno para compuestos biodegradables y como encapsulador de sustancias.

2.2. Harina de pituca

2.2.1. Métodos de producción

Según Calle et al. (2020) para la obtención de harina de pituca, los rizomas se limpian para eliminar el material extraño, se pelan y cortan en rodajas de 1 cm. Después se prepara una mezcla con agua y una solución de metabisulfito de sodio (20 mg / kg) donde se introduce las rodajas durante 30 minutos para evitar la reacción de oxidación, seguidamente las rodajas se deshidratan con un secador de bandeja de convección forzada a 45 °C durante 24 h. Luego, las rodajas secas se muelen y la harina obtenida se almacena a 4 °C. Kaur et al. (2011) mencionan que la humedad es un parámetro importante en el almacenamiento de harinas, niveles superiores al 12 % permiten el crecimiento microbiano. Por lo cual es recomendable que los niveles de humedad sean más bajos, ya que son favorables y dan una vida útil relativamente más larga.

2.2.2. Propiedades de la harina de pituca

Alam et al. (2020) determinaron que la harina de taro contiene un 70 a 80 % de almidón en base seca, en comparación con otros almidones comerciales contiene muchas propiedades novedosas tales como:

- Alto poder de hinchamiento, fuerza de gel y pico de viscosidad y forma una capa de recubrimiento dura.
- Alta proporción de cadenas cortas y una fracción de amilopectina de longitudes de cadena medias largas que muestran una alta elasticidad y un gel fuerte después del calentamiento.
- Los gránulos de almidón son más pequeños que otros tipos, miden de 0,5 a 5,0 μm de tamaño. Dicho tamaño brinda una textura de gel suave y una mejor sensación en la boca y mejoraron la unión evitando grietas de aperitivos.

Según Sharma et al. (2020) diversas investigaciones mencionan que la harina de bulbos de pituca, contiene almidón de asimilación simple, Calle et al. (2021) con índice glucémico medio y la reducción de la concentración circulante de glucosa en sangre, mencionan también sus beneficios nutricionales, como el contenido fibra, minerales, vitaminas y compuestos fenólicos.

El almidón del tubérculo de taro contiene cianidin-3-glucósido antocianina que puede ayudar en la circulación sanguínea, mejorar la percepción visual, potentes antioxidantes y agentes antiinflamatorios (Sharma et al., 2020).

2.2.3. Almidón en pituca

El contenido de almidón de la pituca es de 80 %, el cual muy requerido para la elaboración de diversos productos alimenticios pudiendo así sustituir al maíz, ñame, yuca y papa en la industria alimentaria Torres et al. (2013). El almidón está formado por lípidos, proteínas, minerales, agua, amilosa y amilopectina y piroglicanos que forman estructuras cristalinas (Rodriguez et al., 2021). En la siguiente tabla se presenta el contenido de amilosa y amilopectina de alimentos.

Tabla 3. Contenido de amilosa y amilopectina de alimentos.

Composición por 100 g	Amilopectina (%)	Amilosa (%)
Maíz	73	23
Maíz amiláceo	20-45	55-80
Papa	78	22
Arroz	83	17
Yuca	82	18
Maíz céreo	99-100	0-1
Sorjo	99-100	0-1
Trigo	76	24
Oca	71	29
Mashua	73	27
Pituca	75	25

Fuente: Orccottoma, (2012)

2.3. Extrusión de alimentos

La extrusión es un proceso en el que un alimento es obligado a fluir, bajo condiciones de mezcla, calentamiento y cizallamiento, a través de una matriz diseñada para formar y/o secar los ingredientes, se pueden usar para cocinar, formar, mezclar, texturizar y dar forma a productos alimenticios en condiciones que favorezcan la calidad, la alta productividad y el bajo costo (Riaz, 2019).

El principio básico de este proceso es la conversión de un material sólido en forma de harina, en una masa fundida fluida mediante la aplicación de calor y cizallamiento (Santos et al., 2020)

Los alimentos extruidos están conformados por cereales, almidones y proteínas. Diversas investigaciones señalan que los materiales a base de almidón son adecuados para el proceso de extrusión, porque su función es moldear la estructura, dar textura y percepción sensorial a las características del producto deseado (Fang et al., 2019). Además, puede mejorar o modificar propiedades funcionales, induce la formación de complejos entre lípidos y carbohidratos mejorando textura y características sensoriales, además desnaturaliza e inactiva factores anti nutricionales (Cerón et al., 2016).

2.3.1. Tipos de extrusoras

Riaz (2019) informa que existen diferentes extrusoras disponibles en el mercado para la producción de alimentos y piensos. Tales como extrusoras de un solo tornillo, extrusoras de doble tornillo, extrusoras de doble tornillo de tipo cónico, extrusoras en seco y extrusoras de nueva generación.

2.3.2. Extrusoras de un solo tornillo

Este tipo de extrusoras tienen un solo tornillo rotatorio dentro del barril fijo y para descargar el extruido la empuja hasta una matriz de tamaño específico, es decir, el proceso se basa en que un flujo de arrastre mueve el material hacia la matriz de descarga y, por consecuencia incrementa la presión produciendo cambios en las estructuras de dichos materiales (Alam y Aslam, 2021).

2.3.3. Extrusoras de doble tornillo

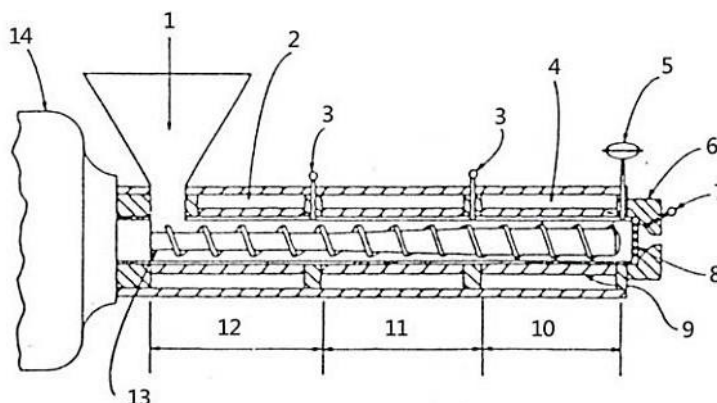
En una extrusora de doble tornillo se puede usar ingredientes más complejos, tiene mayor capacidad lo por el cual ser usado en diferentes procesos en la industria alimentaria. Una extrusora de doble tornillo típica comprende dos tornillos que giran en sentido opuesto dentro de un barril, el cual conduce las materias hacia la matriz con alta presión de cizalla (Alam y Aslam, 2021).

2.3.4. Partes del extrusor

Según Kehinde (2016) la extrusora de un solo tornillo tiene las siguientes partes y secciones:

- Fuente de energía, encargada de provocar la rotación o movimiento del tornillo y otras partes móviles de la extrusora.

- La sección de alimentación, por el cual se suministra las materias primas que luego es transferido al tornillo sin fin.
- La sección de cizallamiento y compresión es donde los materiales se convierten en una masa viscosa, ligeramente cocida y con alta temperatura.
- La sección de dosificación, donde la masa se cocina y rompe los gránulos de almidón por grades fuerzas de cizallamiento y presión.
- La sección de la matriz da lugar a la expansión "inflado" de la masa con diferentes características de formas y tamaños designadas por la matriz.
- La sección de corte, son ajustables y divide a los extruidos en los tamaños iguales según requerimientos de producción.



1. Tolva de alimentación, 2. Chaqueta de agua refrigerante, 3. Termopares, 4. Chaqueta de vapor de barril, 5. Transductor de presión, 6. Matriz, 7. Termopar de descarga, 8. Placa de ruptura, 9. Barril con revestimiento endurecido, 10. Sección de medición, 11. Sección de compresión, 12. Sección de alimentación, 13. Tornillo con diámetro de raíz creciente, 14. Accionamiento, reductor de engranajes y cojinete de empuje.

Figura 1. Secciones mecánicas de una extrusora de alimentos de un solo tornillo.

2.3.5. Ventajas y desventajas del proceso de extrusión

Según Egal y Oldewage (2019), las ventajas y desventajas de la extrusión son las siguientes:

El procesamiento de extrusión viene tomando protagonismo por ser amigable con el medio ambiente ya que su consumo energético es eficiente durante el proceso. Es prestigiado por su técnica de procesamiento continuo de mayor productividad Gulati et al. (2020), cocción rápida con alta temperatura capaz de eliminar organismos dañinos para la salud tales como las enzimas antinutrientes logrando así favorecer las propiedades del producto.

También se conoce que los alimentos extruidos se pueden enriquecer mediante mezclas aumentando su valor nutritivo y dar frente a temas sociales como la malnutrición.

Las desventajas de este proceso es el alto costo de inversión inicial, la meticulosa elección de los parámetros tales como porcentaje de humedad, granulometría de las muestras, velocidad de alimentación, configuración de tornillo, temperatura y diseño de la matriz. Sin embargo, dichas desventajas, se pueden resolver obteniendo información preliminar (Egal y Oldewage, 2019).

2.3.6. Efecto de variables en proceso de extrusión sobre las características de calidad

Alam et al. (2015) mencionan que las variables del proceso de extrusión afectan la calidad del producto tales como: la velocidad del tornillo, la velocidad de alimentación, la temperatura, el contenido de humedad, etc.

El proceso de cocción induce degradación macromolecular y cambios estructurales y propiedades funcionales del producto, como solubilidad en agua, viscosidad de dispersión y absorción de agua (Alam et al., 2015).

Las elevadas temperaturas y fuerzas de cizallamiento provocan la desintegración de la estructura cuaternaria y terciaria de las macromoléculas que afectan la composición nutricional de los alimentos, liberan humedad que luego influye en las características reológicas (Alam y Aslam, 2021).

La humedad es un parámetro importante, ya que una cantidad inadecuada afectaría la humedad final del producto y el consumo de energía del equipo y otras variables. Los niveles de humedad para el proceso de extrusión varían de 10 a 40 % lo cual es bajo comparado con otros métodos de cocción de masas y pastas (Carrasco y Saucedo, 2019).

La temperatura del proceso determina el grado de gelatinización del almidón y la expansión del producto, debido a la mayor evaporación al salir de la matriz extrusora, además las temperaturas altas pueden afectar negativamente el color del producto por sobre cocción. Tal y como, a temperaturas intermedias, mayor humedad y menor velocidad de tornillo, el almidón realiza ligeros cambios en la estructura, con un contenido de humedad más alto, la masa experimenta más deslizamiento, lo que reduce el movimiento hacia adelante de los materiales y el consiguiente aumento de presión en el orificio de la matriz (Alam et al., 2015).

2.3.7. Efecto de la extrusión en las propiedades nutricionales

El proceso de extrusión puede generar cambios en las propiedades nutricionales de las materias tales como:

Almidón: los gránulos de almidón contienen amilosa y amilopectina Cabrera et al. (2021), en la extrusión estos gránulos se convierten en una masa fundida gelatinizada con nuevas propiedades estructurales y funcionales. Puede provocar dextrinización o despolimerización parcial, especialmente de amilopectina (Gulati et al., 2020).

Carbohidratos no digeribles: Los cambios que se producen en los carbohidratos no digeribles durante la extrusión ofrecen una estrategia potencial para mejorar la fermentación en el intestino y aumentar los beneficios para la salud (Gulati et al., 2020).

Proteínas: las proteínas influyen sobre las propiedades físicas y nutricionales de los productos extruidos. El proceso de extrusión afecta las proteínas vegetales generando cambios en la calidad de las proteínas (perfil de aminoácidos, digestibilidad de las proteínas, etc (Gulati et al., 2020). La proteína en general afecta la expansión ya que es menos viscoelástica en que el almidón; por lo tanto, el incremento de proteínas resulta en productos menos expandidos y más duros (Chaiyacul et al., 2009).

Lípidos: por lo general se presentan en menor cantidad en los extruidos, el porcentaje bajo (<5%) tiende a estabilizar la energía mecánica específica y reducir la vidriosidad en los extruidos. Por el contrario, los porcentajes altos, disminuyen la energía mecánica específica y disminuyendo la expansión del producto (Gulati et al., 2020).

Vitaminas: los tratamientos térmicos pueden tener un impacto negativo en el contenido de vitaminas Lee et al. (2017), las pérdidas de vitaminas dependen de las condiciones de extrusión y el almacenamiento, para superar dichas perdidas es necesario la fortificación de las harinas con mezclas antes del proceso (Gulati et al., 2020).

Minerales: la extrusión afecta la biodisponibilidad de los minerales, es decir, la cantidad de un nutriente que se absorbe y está disponible para funciones fisiológicas Etcheverry et al. (2012). La extrusión influye en los factores de la biodisponibilidad, como la forma química del elemento y otros componentes como fibras dietéticas y proteínas (Gulati et al., 2020).

Colores: en el proceso de extrusión, las mezclas de los materiales con antocianinas también pueden contener azúcares que pueden incrementar la reacción Maillard, los tonos rojos en antocianinas se vuelven púrpuras en pH neutro de los extruidos y los carotenoides pueden reaccionar con otros colores resultando tonos inesperados (Gulati et al., 2020).

2.3.8. Harina precocida por extrusión

Se obtiene mediante la tecnología de extrusión, dichas harinas pueden presentar menor viscosidad a las obtenidas por otros métodos de cocción, debido a que, durante el proceso de extrusión se produce una ruptura de la estructura del almidón, permitiendo así incrementar la concentración de sólidos en la ración y por ende la densidad energética, además se pueden extrudir mezclas de harinas de cereales con las de legumbres y obtener mezclas precocidas homogéneas en mayor cantidad y calidad proteica (Cuggino, 2008).

La utilización de harinas extrudidas es ventajosa, puesto que el proceso de extrusión conlleva a la pre-gelatinización de los gránulos de almidón, el cual provoca la restructuración del orden molecular y la completa degradación de los polímeros con la formación de fragmentos altamente solubles, tienden a tener un gran poder de hinchamiento en frío y en caliente, siendo altamente recomendado en la elaboración de productos alimenticios instantáneos (Alam et al., 2015).

El COVENIN 2135 (1996) indica el límite máximo permitido de análisis fisicoquímico para la harina precocida de maíz mostrados en la siguiente tabla:

Tabla 4. Requisitos fisicoquímicos para la harina precocida de maíz.

Característica	Requisito
Humedad (%)	1-15
Ceniza (%)	1
Grasa (%)	2
Proteína (% min)	7

Fuente: CODEX (2013) Y COVENIN 2135 (1996)

2.4. Alimento funcional

Se considera funcional a un alimento porque, además de destacar por sus propiedades nutritivas, contiene ciertos elementos, cuyo consumo diario dentro de una dieta equilibrada contribuye a mantener o mejorar nuestro estado de salud y bienestar (Ghosh y Sen, 2019).

Este concepto se introdujo por primera vez en Japón en 1980. La American Dietetic Association (ADA) definió alimentos funcionales, incluidos "alimentos integrales y alimentos enriquecidos" que tienen "efecto potencialmente beneficioso sobre la salud cuando se consumen como parte de una dieta variada de forma regular, a niveles efectivos". El Instituto Internacional de Ciencias de la Vida los define como "alimentos que, en virtud de la presencia

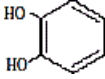
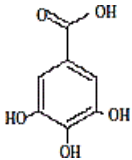
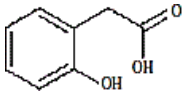
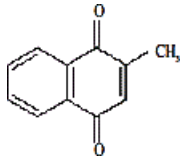
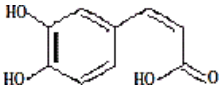
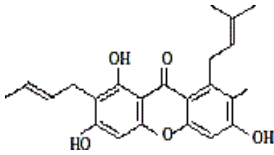
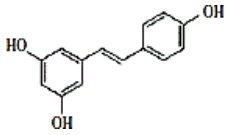
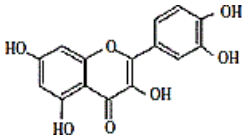
de componentes fisiológicamente activos, proporcionan un beneficio para la salud más allá de la nutrición básica" (Aguiar et al., 2019).

2.4.1. Polifenoles y capacidad antioxidante

Los polifenoles son moléculas naturales del metabolismo secundario de las plantas, debido a su estructura química única (Wu y Zhou, 2021) son ampliamente investigados por su capacidad antioxidante, efectos antimicrobianos, anticoagulantes, anticancerosos, hepatoprotectores, cardioprotectores y vasodilatadores. Esta acción se relaciona con la movilidad de los átomos de hidrógeno fenólico, esto permite que las células humanas se defiendan de las lesiones provocadas por el oxígeno (Hadjadj et al., 2020). Calle et al. (2021) informan que el almidón y la harina de pituca contiene compuestos fenólicos potentes como las antocianinas y flavonoides (Sharma et al., 2020).

Clasificación. Los compuestos fenólicos se clasifican como ácidos fenólicos, flavonoides y taninos (Mercado et al., 2013). En la Tabla 5, se presenta la clasificación de los compuestos polifenólicos. Los flavonoides forman parte de los compuestos fenólicos policíclicos, los cuales derivan del fenol, que es un compuesto aromático con un grupo hidroxilo; de igual manera, son pigmentos aromáticos heterocíclicos que contienen oxígeno y que dan color amarillo, rojo y azul a las plantas y frutas (Cruz y Lizarazo, 2016).

Tabla 5. Clasificación de los compuestos polifenólicos.

Clase	Estructura	Ejemplo
Fenoles simples	C6	 Catecol
Ácidos hidroxibenzoicos	C6-C1	 Ácido gálico
Ácidos fenilacéticos	C6-C2	 Ácido 2-hidroxi-fenilacético
Naftoquinonas	C6-C4	 Menadiona
Ácidos hidroxicinámicos	C6-C3	 Ácido caféico
Xantomas	C6-C1-C6	 Mangostina
Estibenos	C6-C2-C6	 Resveratrol
Flavonoides	C6-C3-C6	 Quercetina

Fuente: Mercado et al. (2013).

Estrada et al., (2012) mencionan que los flavonoides son sustancias producidas por las plantas, cumplen funciones importantes en la naturaleza tales como resistente a la fotooxidación, transporte de hormonas, resistencia a las infecciones fúngicas y virales, atracción de los insectos polinizadores por medio del color o del olor que atribuyen a las flores. Además, se consume cotidianamente en la dieta ya que están presentes en las frutas rojas como las moras, fresas, zarzamoras, cítricos, chocolate, nueces, vino tinto, té verde y negro, etc

2.4.2. Capacidad antioxidante.

La formación de radicales libres en los seres vivos se producen en exceso por el consumo de alimentos con alto contenido grasas, frituras, procesados, con conservantes, el alcohol, medicamentos, tabaco, metales pesados o radiaciones ionizantes, o endógenas mediante reacción metabólicas. Sin embargo, el organismo equilibra dicho acontecimiento mediante la acción de los antioxidantes y así reducir el estrés oxidativo (Huet, 2017).

Los compuestos fenólicos como los flavonoides y los antocianos tienen una excelente capacidad para captar radicales libres que producen el estrés oxidativo (Figuerola et al., 2011).

Existen diferentes métodos para evaluar la actividad antioxidante total *in vitro* o *in vivo* de un compuesto, el cual consiste en reaccionar los compuestos antioxidantes frente a sustancias cromógenas de naturaleza radical como ABTS (2, 2'-Azinobis-3-etil-benzotiazolina-6-ácido sulfónico.), DPPH (2,2-Diphenyl-1-Picrylhydrazyl), DMPO (óxido N-5,5-dimetil-1-pirrolina) y FRAD (Poder antioxidante reductor del hierro), donde la pérdida de color ocurre de forma proporcional con la concentración de estos. Y, además las evaluaciones de la capacidad antioxidante realizadas *in vitro* nos muestran tan sólo una idea cercana de lo que acontece en situaciones complejas *in vivo* (Kuskoski et al., 2005; Rivas et al, 2017).

Los métodos ABTS y DPPH son los más usados ya que mantienen una excelente estabilidad en ciertas condiciones, si bien, por otra parte, manifiestan diferencias. El DPPH es un radical libre que puede obtenerse directamente y solo se disuelve en medios lipofílicos. Por el contrario, el ABTS es generado por una reacción que puede ser química y se puede medir la actividad de compuestos de naturaleza hidrofílica y lipofílica (Rivas et al, 2017).

2.5. Calorimetría diferencial de barrido (DSC)

Es una técnica termo analítica que se usa comúnmente para estudiar los efectos térmicos. En la ciencia de los alimentos, se utiliza para estudiar el comportamiento físico

durante el almacenamiento y procesamiento de grasas y aceites, carbohidratos, agua o alcohol, proteínas y empaques de alimentos. Además, es bien conocido como una técnica simple, rápida y ecológica (Nur y Amin, 2016).

Los calorímetros miden el calor consumido o liberado por una muestra al reequilibrarse después de una perturbación causada por un cambio de temperatura (calorimetría diferencial de barrido) (Raudino et al., 2013).

La calorimetría diferencial de barrido es un análisis térmico que permite obtener datos de entalpía y temperaturas de transición o de reacción, en función de la temperatura de calentamiento (Sandoval et al., 2005).

2.5.1. El termograma DSC

Representa gráficamente la transición térmica de gelatinización, donde se logra apreciar el pico endotérmico sobre la línea base del termograma. La primera temperatura, se conoce como temperatura inicial (T_0), la temperatura de pico (T_p) es la temperatura donde se registran los valores más altos de absorción de calor, mientras el proceso culmina, el sistema regresa a un estado en el cual no hay cambios (Montoya et al., 2012).

La propiedad más importante determinada por DSC es el flujo de calor en función de la temperatura o el tiempo, dicho flujo de calor es la energía necesaria para completar el proceso se conoce como entalpía de gelatinización (H_p) y puede ser expresado en unidades de mW o mJ / s. (Gharanjig et al., 2020; Montoya et al., 2012).

Hornung (2018) indica la Figura 2, a dos tipos de perfiles de DSC, con picos endotérmicos y exotérmicos.

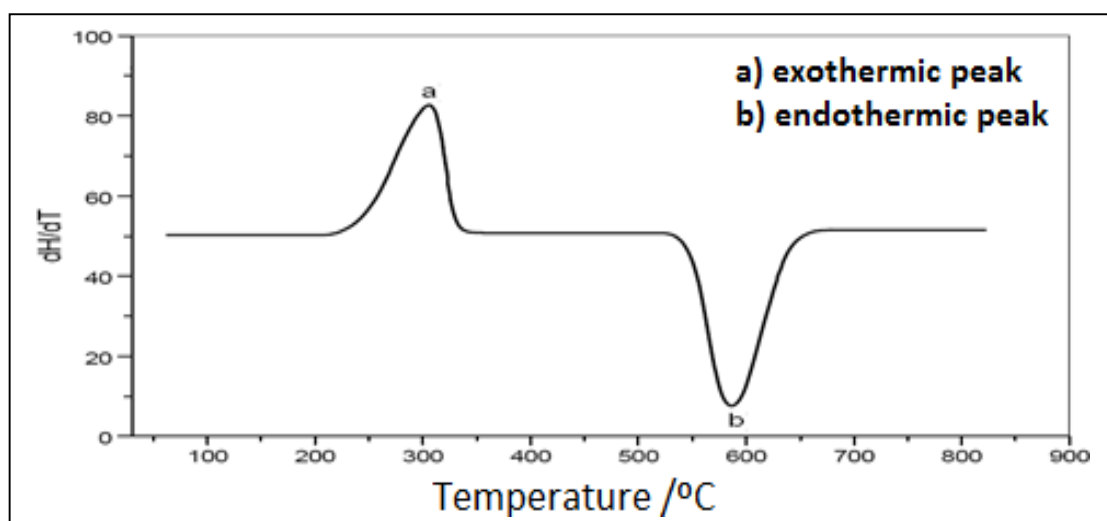
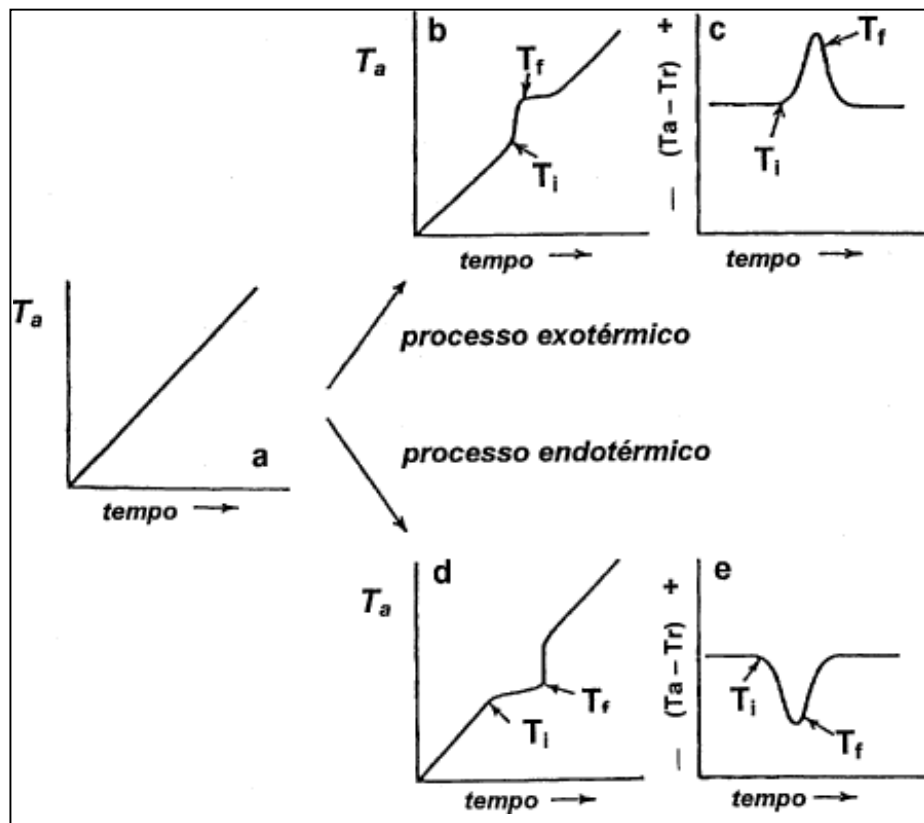


Figura 2. Perfil de la curva DSC: a) pico exotérmico; b) pico endotérmico.

2.5.2. Tipos de proceso de DSC

Existen dos convecciones diferentes para la visualización de la curva de flujo de calor; uno es endotérmico en dirección descendente y el otro exotérmico en dirección ascendente (Gharanjig et al., 2020). Bernal et al. (2002) mencionan dos tipos de proceso de DSC según se muestra en la Figura 3.

Proceso exotérmico: es el proceso en donde se da con la liberación de calor, el proceso exotérmico es representado gráficamente, se aprecia un incremento de la temperatura, representado por una inflexión en el perfil temperatura-tiempo, tal como se aprecia en la Figura 3b.



a) Cuando no ocurre ningún evento térmico; b) Cuando ocurre un proceso exotérmico; c) Lo mismo ocurre con (b), pero, para el sistema térmico diferencial; d) cuando ocurre un proceso endotérmico; e) lo mismo ocurre con (d), pero para el sistema térmico diferencial.

Figura 3. Curva de calentamiento.

Proceso endotérmico: en este proceso se da la absorción de calor, se aprecia una disminución en la temperatura de la muestra y la inflexión en la curva se puede representar por la Figura 3d.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

El trabajo de investigación se realizó en los laboratorios de Cromatografía Líquida de Alta Presión (HPLC), Análisis de Alimentos, Bioquímica, Nutrición y el Laboratorio Central de investigación de la Universidad Nacional Agraria de la Selva -UNAS, ubicada en el distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco. a una altitud de 660 m.s.n.m. a 09° 17' 08" de Latitud Sur, a 75° 59' 52" de Latitud Oeste, con clima tropical húmedo, humedad relativa media de 84% y temperatura media anual de 24 °C.

3.2. Materiales, equipos y reactivos

3.2.1. Materia prima

Los tubérculos de pituca (*Colocasia esculenta*) morada y blanca ambos fueron adquiridos del mercado central de la ciudad de Tingo María.

3.2.2. Materiales de laboratorio

Buretas de 50 mL; matraz fondo plano marca Eurolab; mortero de porcelana; papel filtro marca Ankom; cubetas de poliestireno óptico para espectrofotometría UV; pipetas volumétricas 10mL marca Brand y Kintel; vasos de precipitación 250 mL marca Marienfeld; probetas graduadas 50 mL, 100mL, marca Bomex; Desecador tapa de vidrio, marca Simax; Crisol; Varilla de vidrio, 25cm largo por 6 mm marca Soviquim; Pinzas metálicas marca Labscient; Placas petri – Poliestireno – Transparente marca Brand y Normax; Espátula metálica marca Kasalab; microtubos 1,5 – 2 mL; gradillas; pisetas de plástico de 250 mL; tubos de ensayo de 10mL; micropipetas 0-10, 10-100, 20-200 y 100 a 1000µL Tamiz malla N° 60 (2,5 mm de diámetro).

3.2.3. Equipos de laboratorio

Balanza analítica (3100g) modelo BP31005 (Sartorius); Estufa modelo Ecocell (Line); Selladora; Centrifuga modelo MIKRO R22 (Hettich Zentrifuge); Homogeneizador de soluciones VORTEX Maxi mix (Barnstead); Espectrofotómetro UVNIS Genesys 105 (Thermo scientific), Extrusor; Calorímetro SETARAM – Labsys Evo Robot; pH

metro modelo Toledo (Mettler); Agitador con placa calefactora modelo SP18420-26 (Barnstead); Mufla modelo Thermolyne (Furnace 1400); Analizador de fibra Technology (Ankon 200); Analizador de humedad (PMB 53); Digestor K-438 (Büchio Witzenland); Destilador K-350 (Büchio Witzenland); Titulador dTrite (Scilogex).

3.2.4. Reactivos

Carbonato de sodio al 7,5 % (Na_2CO_3); Solución de fenol de Folín - ciocalteu, Sigma Chemical; Etanol; Agua destilada (H_2O dd); 1,1– Diphenyl–2–picril–hydrazil (DPPH, Sigma Aldrich, USA); 2,2'–Azino-bis (3– etrylbenzothiazoline–6–sulfonic acid) diammonium salt (ABTS; Sigma Aldrich, USA); nitrito de sodio al 5 % (NaNO_2); cloruro de aluminio al 10 % (AlCl_3); hidróxido de sodio 1M (NaOH); éter de petróleo; acetna QP; Ácido sulfúrico 0,5 N (H_2SO_4); ácido clorhídrico (HCl).

3.2.5. Métodos de análisis

Humedad: método A.O.A.C. (1998). Acidez titulable: método A.O.A.C (1998). pH: método de NTE INEN (2013). Ceniza: método de A.O.A.C. (2000). Grasa: método COVENIN, 3821 (2003). Proteína: método A.O.A.C. (2000). Fibra: método de A.O.A.C. (2008). IAA y %ISA: método de Anderson et al. (1970). Cuantificación de polifenoles, según metodología de Ramón et al. (2019). Determinación de flavonoides: método de Vega et al. (2017). Evaluación de la capacidad antioxidante: Método ABTS y DPPH de Díaz et al. (2018). Caracterización por DSC: método descrito por Velásquez et al. (2017).

3.3. Metodología experimental

3.3.1. Acondicionamiento de la muestra

El acondicionamiento de la muestra se realizó según Arici et al. (2016) con ligeras modificaciones. Los tubérculos de taro se limpiaron para eliminar el polvo o cualquier otra impureza. Los tubérculos limpios se enjuagaron, pelaron, cortaron en rodajas y se esparcieron manualmente en las bandejas (0,4 cm de espesor) y se secaron en estufa a 60 ° C por 24 horas.

Los tubérculos fueron acondicionados siguiendo las operaciones de la Figura 4 que se describen a continuación:

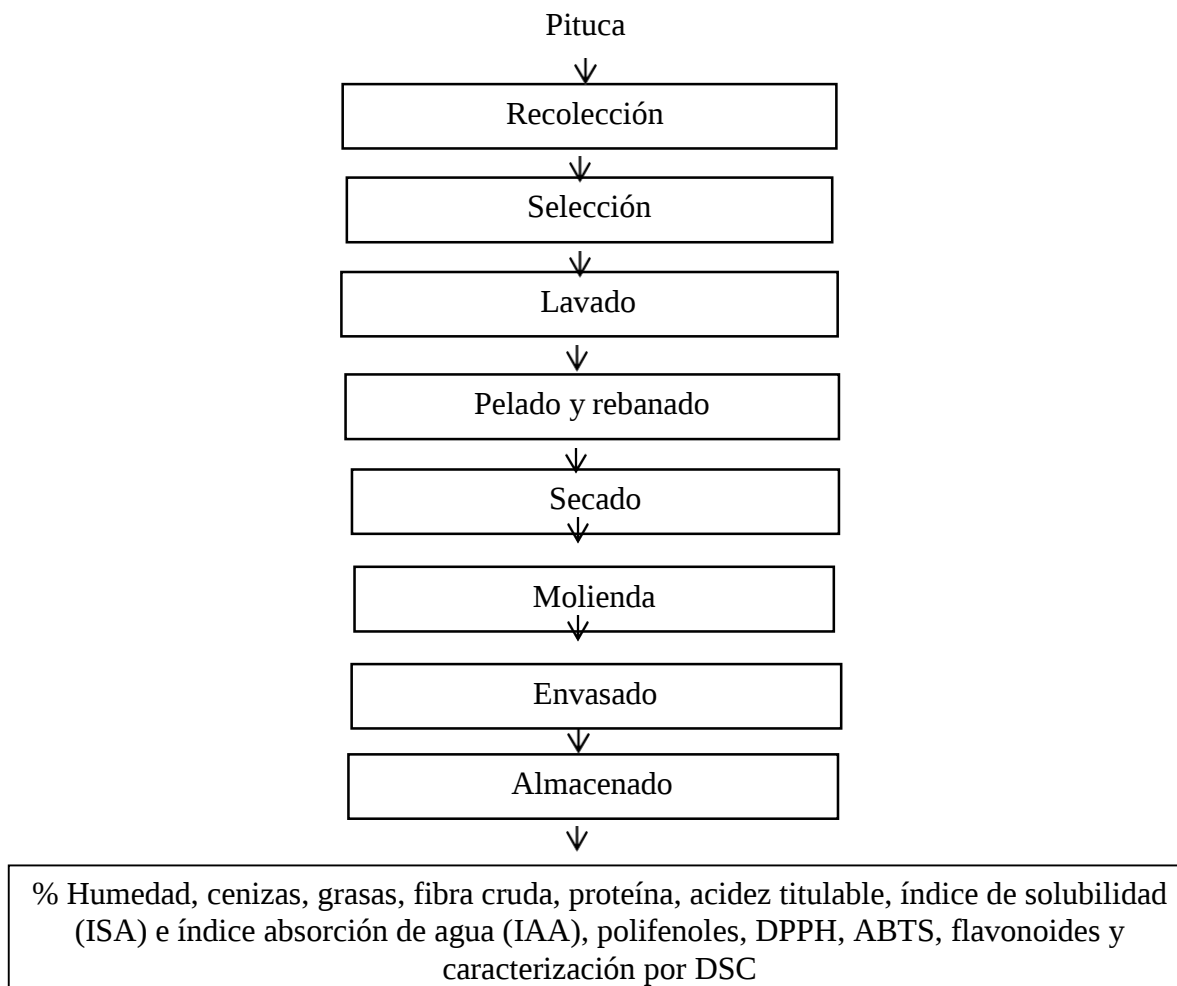


Figura 4. Diagrama de flujo del acondicionamiento de la muestra y análisis.

Recolección: Los tubérculos de *Colocasia esculenta* se recolectaron manualmente del mercado central de Tingo María.

Selección: Se realizó de forma manual y visual con la finalidad de descartar los tubérculos dañados y con algún indicio de putrefacción.

Lavado: Con la finalidad de eliminar las impurezas que puedan estar presentes en los tubérculos se lavó por emersión con agua de mesa.

Pelado y rebanado: Se utilizó cuchillo de acero inoxidable para el pelado además de guantes de jebe debido al escozor que produce el oxalato de calcio que contiene la pituca se procedió a rebanar con una chiflera manual.

Secado: Se realizó con la finalidad de deshidratar las láminas de pituca, se colocó las muestras en bandejas y se llevó a una estufa a 60 °C durante 24 horas.

Molienda: Las láminas deshidratadas fueron trituradas en un molino de martillo.

Envasado: Las muestras fueron envasadas y selladas herméticamente en bolsas de polietileno rotuladas.

Almacenado: Las muestras envasadas se almacenaron en una caja térmica de tecnopor en un lugar fresco a temperatura ambiente.

3.3.2. Elaboración de harina precocida por extrusión de pituca blanca y morada

Para el proceso de elaboración de harina precocida extruida se siguió la metodología seguida por Ormeño y Ortega (2017) con ligeras modificaciones(Figura 7).

Pesado: Las muestras de pituca acondicionadas se midió el % de humedad y se pesaron 200g por muestra.

Humectado: Con los datos de humedad y peso de las muestras se calculó por balance de materia la cantidad de agua a agregar para llevar a la humedad deseada según tratamiento. Este procedimiento se realizó de la siguiente manera: con la ayuda de una cuchara se mezcló la muestra y la cantidad de agua en un recipiente de acero inoxidable.

Extrusión: el proceso se realizó con una extrusora de un solo tornillo sin fin, a 185 °C y 150 rpm.

Secado: los extruidos con humedades mayores a 10% se llevaron a secar a la estufa a 60°C durante 3 horas para regular la humedad y continuar con el proceso.

Molienda: los extruidos se molieron con un molinillo fino.

Tamizado: los extruidos molidos se tamizaron usando, Tamiz malla N° 60 (2,5 mm de diámetro).

Envasado: las harinas se envasaron en bolsas de polietileno de alta densidad con cierre hermético zipper.

Almacenamiento: las harinas extruidas embolsadas se almacenaron en un ambiente seco a temperatura ambiente.

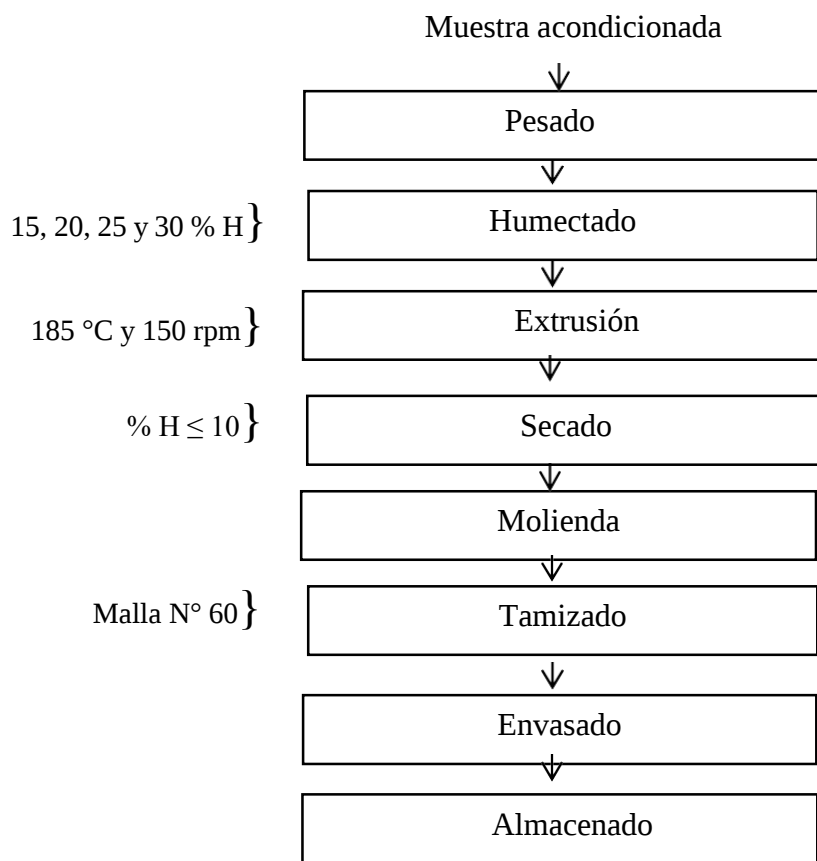


Figura 5. Flujograma de elaboración de la harina precocida obtenida por extrusión.

3.3.3. Caracterización fisicoquímica

Humedad: Se pesó 5 g de gramos de cada muestra en placas de vidrio previamente pesadas, las placas con muestra fueron secadas con estufa a 105 °C, por 6 horas con sus 3 repeticiones y se enfrió hasta temperatura ambiente (25 °C), seguidamente la muestra fue pesada. El porcentaje de humedad fue calculado por la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{w_2 - w_3}{w_2 - w_1} * 100 \dots\dots\dots (1)$$

Donde:

W1= peso de la placa Petri

W2= peso de la placa más peso muestra

W3= peso final de la placa con muestra

pH: el análisis se realizó usando el método de NTE INEN (2013), se añadió a un vaso precipitado 10 g de muestra en 100 mL de agua destilada, se homogenizo con la ayuda de una varilla y se introdujo los electrodos del potenciómetro en el vaso.

Acidez titulable: se usó el método de la A.O.A.C (1998), se pesó 10 g de muestra y se adiciono 100 mL de agua, se mezcló agitándose durante 20 min, luego se fraccionan 10 ml en 3 vasos precipitados para obtener las repeticiones, se adiciono tres gotas de fenolftaleína y finalmente se tituló con NaOH a 0.1N.

$$\% \text{ Acidez titulable} = \frac{\text{Vol(ml)NaOH} \cdot 0,1\text{N} \cdot \text{Factor(ac.oxalico)}}{\text{peso muestra}} * 100 \dots\dots\dots(2)$$

Ceniza: se usó el método de la A.O.A.C. (2000). se pesó 2 gramos de muestra en el crisol de porcelana, y se llevó a mufla a 600 °C por 4 horas, se enfrió y se pesó. Los resultados se expresaron según la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Ceniza} = \frac{(W2-W1)}{W3} * 100 \dots\dots\dots(3)$$

Donde:

W1= peso del crisol

W2= peso del crisol + ceniza

W3= peso de la muestra

Grasa: se usó el método de la COVENIN, 3821 (2003), se pesaron 5 g de muestra en filtros para soxhlet, luego se colocó en un balón previamente pesado, se añadió el éter etílico, se colocó el balón al cuerpo de extracción, se evaporó y la grasa remanente que quedó en el balón se pesó y por diferencia, se obtuvo el % de grasa.

$$\% \text{ Grasa} = \frac{(W2-W1)}{W3} * 100 \dots\dots\dots(4)$$

Donde:

W1= peso del balón

W2= peso del balón + muestra

W3= peso de la muestra

Proteína y Fibra: mediante el método de Kjeldahl de la A.O.A.C. (2000) y A.O.A.C. (2008) anteriormente mencionado.

Índice de solubilidad en agua (ISA): Se adaptó el método de Anderson et al. (1970) con ligeras modificaciones, donde se colocó 1 g de muestra con una granulometría 0.25 mm (malla numero 60) en tubos de centrifuga de 50 ml, se añadió 10 ml de agua destilada y se homogenizó en un agitador tipo Vortex durante 15 minutos, se colocó por 25 minutos en una centrífuga a 4000 rpm. El líquido sobrenadante fue vertido en placas Petri previamente pesados y se colocó en una estufa a 105 °C por 5 horas. Luego las placas se dejaron enfriar en un desecador y se pesó. Para el cálculo del índice de solubilidad se utilizó la siguiente ecuación:

$$ISA (\%) = \frac{\text{peso del residuo evaporado(g)}}{\text{peso de la muestra (g)}} * 100 \dots\dots\dots(5)$$

Índice de absorción de agua (IAA): Para la determinación del IAA, se pesaron los tubos sin el sobrenadante y con los residuos de la muestra. Finalmente se aplicó la siguiente ecuación:

$$IAA = \frac{\text{peso del residuo centrifugado(g)}}{\text{peso de la muestra (g)}} \dots\dots\dots(6)$$

3.3.4. Caracterización por DCS

Se usó el método de Velásquez et al. (2017) con algunas modificaciones. Los parámetros de análisis fueron cantidad de muestra 40 mg, hidratación 1:3 (muestra/agua), el rango de temperatura de calentamiento 25 - 110 °C; atmósfera de nitrógeno (30 mL/min); velocidades de calentamiento de 5 °C/min en la muestra de pituca y 2 °C/min en la harina extruida; crisol aluminio de capacidad (75 µL). Los análisis fueron determinados en las diferentes temperaturas de gelificación el cual se expresó como reacciones endotérmicas mostradas en los termogramas.

3.3.5. Preparación del extracto fresco y harina precocida

Para la obtención del extracto se utilizó como solvente una solución de 70% de etanol y 30% de agua destilada, la relación muestra / solvente fue 1: 20 por cada análisis, esta solución se homogenizo por 5 minutos y se dejó reposar por 24 horas a temperatura ambiente. Luego con ayuda de una micropipeta se extrajo la solución, se colocó en los microtubos, se centrifugaron a 10 000 rpm/10 minutos, para así obtener una solución cristalina.

3.3.6. Evaluación de la capacidad antioxidante

Método DPPH. Se empleó el método reportado por Diaz et al. (2018), se reaccionó 100 μL extracto en una cubeta con 900 μL de la solución de trabajo de DPPH (100 μM); la lectura de las absorbancias se realizó en el espectrofotómetro a una $\lambda = 515 \text{ nm}$; y finalmente los resultados se tomaron a los 10 min y fueron expresados $\mu\text{mol ET/g}$.

Método ABTS. Se realizó con el método reportado por Diaz et al. (2018), se adiciono 10 μL de extracto en una cubeta, se añadió con 990 μL de la solución de trabajo de ABTS (7 mM); la lectura se realizó en el espectrofotómetro UV/VIS a una $\lambda = 734 \text{ nm}$. Finalmente, los resultados se tomaron a los 10 min y se expresaron como $\mu\text{mol ET/g}$.

3.3.7. Evaluación de Polifenoles

Se usó el método reportado por Ramón et al. (2019) se agregó 100 μL del extracto en una cubeta, 500 μL de fenol Folin Ciocalteu, se incubo 8 min y finalmente agrego 400 μL de Na_2Cl_3 al 7,5 % el cual se reposo por 2 h en oscuridad y temperatura ambiente. Finalmente, la lectura fue efectuada en el espectrofotómetro UV/VIS a una $\lambda = 740 \text{ nm}$. El resultado se expresó en equivalente de ácido gálico (mg EAG/100 g).

3.3.8. Evaluación de Flavonoides

Los flavonoides se determinaron según el método de Vega et al. (2017) se añadió 100 μL del extracto a una cubeta, 30 μL de la solución de NaNO_2 al (5%), se dejó reposar por 6 min, se adicionó 30 μL de AlCl_3 al (10%), se dejó reposar por 5 min. Seguidamente, se adicionó 200 μL de la solución de NaOH (1M), 640 μL de agua, se dejó reposar 30 min. La lectura se realizó en el espectrofotómetro UV/VIS a una $\lambda = 515 \text{ nm}$, los resultados fueron expresados en mg EC/ 100g.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Caracterización fisicoquímica de la pituca

En la siguiente tabla se presenta los resultados de la caracterización fisicoquímica de las pitucas.

Tabla 6. Resultados de la caracterización fisicoquímica de la pituca morada y blanca.

Análisis	Pituca morada	Pituca blanca
% Humedad	66,46 ± 0,002 ^a	71,83 ± 0,229 ^b
% Ceniza	3,19 ± 0,003 ^a	3,96 ± 0,003 ^b
% Ac titulable	0,20 ± 0,003 ^a	0,30 ± 0,003 ^b
pH	6,63 ± 0,006 ^a	6,88 ± 0,006 ^b
% Grasa	0,68 ± 0,002 ^a	0,76 ± 0,002 ^b
% Proteína	5,37 ± 0,001 ^a	7,82 ± 0,000 ^b
% Fibra	1,46 ± 0,054 ^a	2,54 ± 0,021 ^b
% ISA	14,80 ± 0,27 ^b	10,13 ± 0,02 ^a
IAA	3,36 ± 0,36 ^b	2,38 ± 0,03 ^a

Letras distintas horizontalmente, indican diferencia significativa prueba Tukey ($p \leq 0,05$).

4.1.1. Humedad

Según los resultados presentados en la Tabla 6 el mayor porcentaje de humedad se presentó en la pituca blanca (71,83 ± 0,229^b%) y el menor en la pituca morada (66,46 ± 0,002%), lo cual se aproxima a los valores (67,54 y 67,88%) reportados por Pérez et al. (2007) y Madrigal et al. (2018) respectivamente.

4.1.2. Acidez titulable y pH

El mayor porcentaje de acidez titulable y pH se presentó en la pituca blanca (0,30 ± 0,003% y 6,88 ± 0,006 respectivamente) y el menor en la pituca morada (0,20 ± 0,003% y 6,63 ± 0,006); Mboung et al. (2006) mencionan que la acidez titulable en 6 variedades de pituca varía entre 0,6 y 1,0%, Madrigal et al. (2018) entre 0,5 y 0,46%, el cual se aproxima a

los resultados y Ocaña y Salazar (2019) reporta valores de pH de 5,97; 5,88; 6,29 y 6,35 para lapituca blanca, mashua, zanahoria blanca y oca respectivamente.

4.1.3. Grasa

Kaur et al. (2011) determinó valores de grasa de 1,0% y proteína 2,0% en la harina de taro, el cual se aproxima a los resultados obtenidos en la variedad morada ($0,68 \pm 0,002\%$) y en blanca ($0,76 \pm 0,002\%$), determinaron que la harina de taro liofilizada contiene 0,92% de grasa y (Púa et al., 2019; Madrigal et al., 2018) mencionan que el tubérculo contiene 0,11 a 0,88% de grasa.

4.1.4. Proteína

Aragadvay et al. (2016) y Madrigal et al. (2018) mencionan contenidos de proteína de muestras de pituca (4,8 a 5, 52%), que se aproxima a los resultados de las variedades morada ($5,37 \pm 0,001^{a\%}$) y blanca ($7,82 \pm 0,00^{b\%}$) que presentan diferencia significativa (Tabla 6).

4.1.5. Fibra

El mayor porcentaje de fibra se presentó en la pituca blanca ($2,54 \pm 0,021^{b\%}$) y el menor en la pituca morada ($1,46 \pm 0,054^a \%$). Estos resultados son inferiores a los reportados por Alcántara et al. (2013) y Púa et al. (2019) con 3,10 y 4.8% de fibra, lo cual podría depender del periodo de maduración.

4.1.6. Ceniza

En el estudio realizado por Arici et al. (2016) en la elaboración de harina de taro con corriente de aire se determinaron que el contenido de ceniza varió entre 1,64 a 3,11%. Kaur et al. (2011) obtuvieron valores de ceniza de 1,2%. Los resultados del porcentaje de ceniza de la investigación fueron $3,19 \pm 0,003\%$ y $3,96 \pm 0,003\%$ en la variedad morada y blanca respectivamente lo cual se aproxima a los datos mencionados anteriormente.

4.1.7. Índice de absorción de agua (IAA)

La Tabla 6 indica que el mayor índice de IAA se presentó en la pituca morada ($3,36 \pm 0,36$ g gel/g muestra) y el menor en la pituca blanca ($2,38 \pm 0,03$ g gel/g muestra). El maíz mote contiene un IAA de 2,89 g gel/g (Ojeda y Ubillus, 2015).

Gomes et al. (2015) indican que el IAA para la harina de frijol cruda fue de 5,33 g gel/g y se incrementó con la extrusión.

4.1.8. Índice de solubilidad en agua (ISA)

El mayor porcentaje de ISA (Tabla 6) se encontró en la pituca morada ($14,80 \pm 0,27\%$) y el menor en la pituca blanca ($10,13 \pm 0,02\%$). Gomes et al. (2015) mencionan que la harina de frijol cruda tiene un ISA de 37,46%.

4.2. Calorimetría diferencial de barrido en la pituca

En la Tabla 7 se presenta los resultados de caracterización por DSC, propiedades térmicas de la pituca morada y blanca

Tabla 7. Resultados de caracterización por DSC, propiedades térmicas de la pituca morada y blanca.

Análisis	Pituca morada	Pituca blanca
To (°C)	$81,35 \pm 0,43^b$	$77,42 \pm 0,26^a$
Tp (°C)	$85,25 \pm 0,26^b$	$81,92 \pm 0,09^a$
Tf (°C)	$90,56 \pm 0,12^b$	$87,34 \pm 0,90^a$
ΔH_{gel} (J/g)	$7,72 \pm 1,34^a$	$14,66 \pm 1,27^b$

Letras distintas horizontalmente, indican diferencia significativa prueba Tukey ($p \leq 0,05$).

4.2.1. Propiedades térmicas

La Tabla 7 indica diferencia significativa para la To (temperatura inicial de gelatinización), Tp (temperatura pico) y Tf (temperatura final) y en la pituca morada fue $81,35 \pm 0,43^\circ\text{C}$; $85,25 \pm 0,26^\circ\text{C}$ y $90,56 \pm 0,12^\circ\text{C}$ respectivamente y en la pituca blanca ($77,42 \pm 0,26^\circ\text{C}$), ($81,92 \pm 0,09^\circ\text{C}$) y ($87,34 \pm 0,90^\circ\text{C}$) respectivamente.

Además de la variedad, Himeda et al. (2014) indica que la madurez de la pituca influye en forma significativa y directamente proporcional al incremento de sus propiedades térmicas, lo cual podría estar relacionado con el contenido de amilosa, tamaño y estructura del granulo de almidón.

Las temperaturas de gelatinización fueron mayores en la pituca de la variedad morada y similares a las reportadas por Coronell et al. (2019) en harinas de cocoyam (*Xanthosoma spp*) ($T_o = 81,82 \pm 0,52^\circ\text{C}$), ($T_p = 85,02 \pm 0,58^\circ\text{C}$) y ($T_f = 89,58 \pm 0,64^\circ\text{C}$). En

relación con las temperaturas, cuando las muestras contienen almidón con mucha amilopectina de alto peso molecular las temperaturas de gelatinización son altas ya que son necesarias para disociar el elevado peso molecular (Tan y Halley, 2014) y la pituca contiene 75% de amilopectina (Orccottoma, 2012).

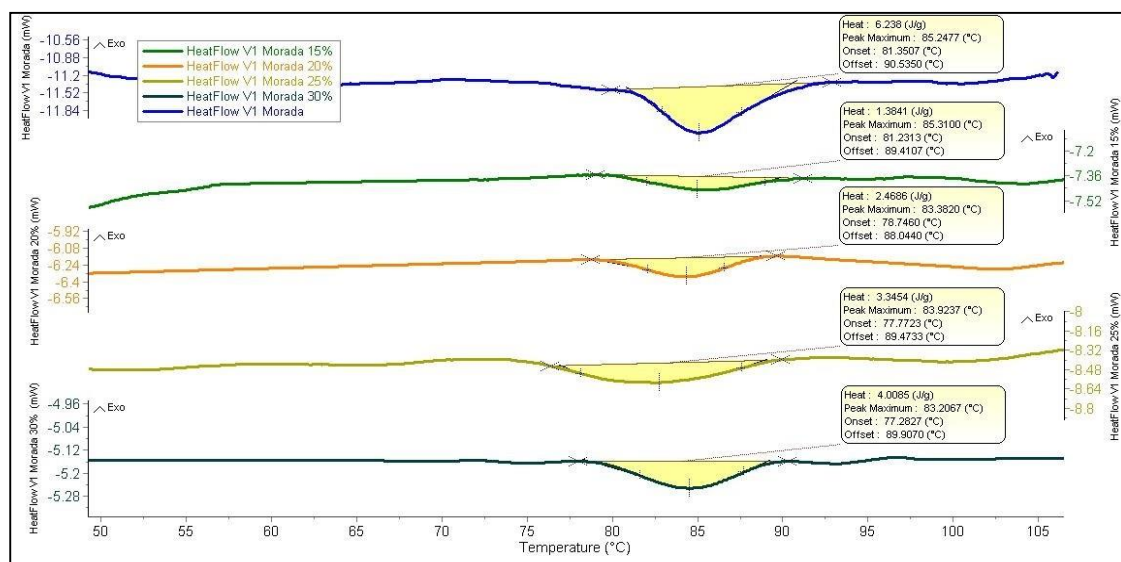


Figura 6. Termograma DSC de la pituca morada y harina precocida.

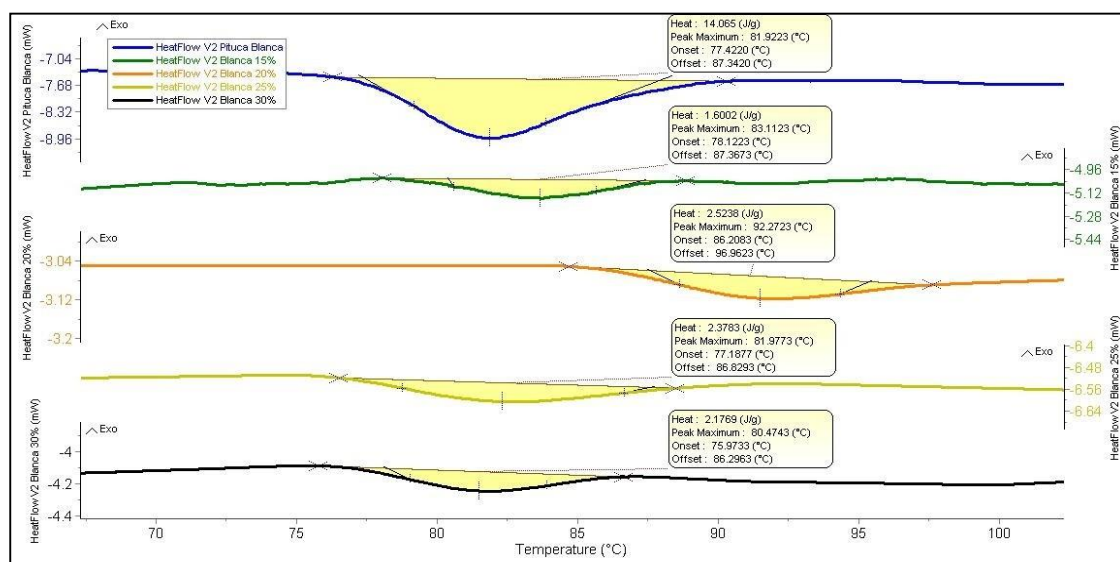


Figura 7. Termograma DSC de la pituca blanca y harina precocida.

La ΔH_{gel} (entalpía de gelatinización) en la variedad blanca y morada fue de $(14,66 \pm 1,27 \text{ J/g})$ y $(7,72 \pm 1,34 \text{ J/g})$ respectivamente con comportamiento endotérmico como se muestra en la figura 6 y 7. Himeda et al. (2014) reportan datos de 10, 2 a 13, 2 J/g) en polvos de pituca y Coronell et al. (2019) reporta 5,00 J/g de ΔH_{gel} en el cocoyam con

comportamiento endotérmico y nos menciona que las entalpías bajas podrían ser ocasionado por las interacciones débiles de las dobles hélices de amilopectina.

4.3. Caracterización funcional de la pituca

En la siguiente tabla se presenta los resultados de caracterización funcional de la pituca morada y blanca.

Tabla 8. Resultado de la caracterización funcional de la pituca morada y blanca.

Análisis	Pituca morada	Pituca blanca
DPPH ($\mu\text{mol ET/g}$)	$4,22 \pm 0,31^b$	$2,32 \pm 0,13^a$
ABTS ($\mu\text{mol ET/g}$)	$25,75 \pm 1,32^a$	$20,28 \pm 2,82^a$
Polifenoles (mg EAG/100 g)	$140,77 \pm 5,34^b$	$108,81 \pm 16,33^a$
Flavonoides (mg EC/100 g)	$63,75 \pm 1,12^b$	$45,95 \pm 1,61^a$

Letras distintas horizontalmente, indican diferencia significativa prueba Tukey ($p \leq 0,05$).

4.3.1. Actividad antioxidante

DPPH

El mayor contenido de actividad antioxidante por DPPH se presentó en la pituca morada ($4,22 \pm 0,31^b \mu\text{mol ET/g}$) y menor en la pituca blanca ($2,32 \pm 0,13^a \mu\text{mol ET/g}$), de modo similar Pérez *et al.* (2007) reportan que en frijoles de diferentes variedades dieron valores antioxidantes por DPPH de $2,92 \pm 0,06^a \mu\text{mol ET/g}$. negro, $2,25 \pm 0,23^a \mu\text{mol ET/g}$ flor de mayo, $1,29 \pm 0,12^b \mu\text{mol ET/g}$ patol, $0,58 \pm 0,09^c \mu\text{mol ET/g}$ pinto saltillo, $2,77 \pm 0,14^a \mu\text{mol ET/g}$ teapa y $1,05 \pm 0,29^b \mu\text{mol ET/g}$ peruano.

ABTS

Los valores de actividad antioxidante por ABTS que se presentó en la pituca morada ($25,75 \pm 1,32^b \mu\text{mol ET/g}$) y en la pituca blanca ($20,28 \pm 2,82^a \mu\text{mol ET/g}$) indicaron diferencia estadística siendo la variedad morada el valor mayor, Yábar *et al.* (2019) reporta capacidades antioxidantes ABTS de ($25, 25 \pm 0,09^b \mu\text{mol ET/g}$) para la maca amarilla, ($25, 84 \pm 0,19^c \mu\text{mol ET/g}$) roja y ($23, 48 \pm 0,06^a \mu\text{mol ET/g}$) negra.

4.3.2. Polifenoles

Los valores de polifenoles fue mayor en la pituca morada ($140,77 \pm 5,34^b$ mg EAG/100 g) y menor en la pituca blanco ($108,81 \pm 16,33^a$ mg EAG/100 g), esto podría deberse a distintos factores como el genético. Investigaciones con mashua de diferentes variedades se encontró (86,61 mg EAG/100 g) en la variedad qello, (118,19 EAG/100 g) en la variedad yana rosado ñahui, (121,19 EAG/100 g) en la variedad yana puca maru, Riojaz Loayza (2018) siendo estos valores diferenciados por las variedades como en las muestras de pituca.

Trabajando en pulpa de oca y mandioca, Jiménez y Sammán (2014) obtuvieron valores de compuestos fenólicos ($51,9 \pm 3,1$ y $149,2 \pm 7,4$ mg EAG/100 g) de alimento fresco para las variedades blanca y colorada respectivamente. En sachapapa morada ($166,10 \pm 1,52$ mg EAG /100 g) de polifenoles totales Ramos et al. (2010), lo que podría indicar que la coloración indica mayor contenido de polifenoles como de flavonoides.

Jiménez y Sánchez (2017) mencionan que los valores de polifenoles de los tubérculos de papa de aire (*Dioscorea bulbifera* L.) de diferentes localidades varían en un rango de 187 a 196 mg EAG /100 g. Madrigal et al. (2018) indican que los resultados pueden variar debido a factores como: genotipos, localización, luz solar, precipitaciones, madurez y tipos de análisis realizados.

4.3.3. Flavonoides

El mayor contenido de flavonoides se encontró en pituca morada ($63,75 \pm 1,12$ mg EC/100 g) y el menor en pituca blanca ($45,95 \pm 1,61$ mg EC/100 g), Yábar et al. (2019) mencionan contenidos de flavonoides de $2,39 \pm 0,14$ mg EC/100 g para la maca amarilla, $4,51 \pm 0,01$ mg EC/100 g para la variedad roja y $2,47 \pm 0,12$ mg EC/100 g para la variedad negra. Según Riojaz Loayza (2018) la variación de los valores podría ser ocasionado por la genética de las muestras como las diferentes variedades, la exposición solar que afectan el crecimiento y calidad del cultivo y el estado fisiológico como la madurez.

4.4. Caracterización fisicoquímica de las harinas obtenidas por extrusión

Tabla 9. Resultados de la caracterización fisicoquímica de la harina precocida.

Análisis	Harina precocida de pituca obtenidas por extrusión			
	H1	H2	H3	H4
% Humedad	6,76 ^a	7,54 ^b	9,54 ^c	10,02 ^d
% Ceniza	3,63 ^a	3,73 ^{ab}	3,83 ^b	3,87 ^b
% Ac. titulable	0,37 ^d	0,31 ^b	0,33 ^c	0,24 ^a
pH	6,43 ^b	6,33 ^a	6,45 ^c	6,78 ^d
% Grasa	0,42 ^d	0,32 ^a	0,39 ^c	0,33 ^b
% Fibra	1,29 ^b	1,24 ^a	1,28 ^b	1,25 ^a
Proteína	5,99 ^d	5,48 ^b	5,75 ^c	5,37 ^a
IAA	1,67 ^a	2,60 ^b	3,20 ^b	2,74 ^b
% ISA	69,58 ^d	62,06 ^c	52,78 ^b	41,55 ^a

Letras distintas horizontalmente, indican diferencia significativa prueba Tukey ($p \leq 0,05$).

Tabla 10. Resultados de la caracterización fisicoquímica de la harina precocida de pituca morada y blanca obtenida por extrusion.

Análisis	Harina precocida de pituca obtenidas por extrusión	
	Morado	Blanco
% Humedad	8,62 ^b	8,30 ^a
% Ceniza	3,51 ^a	4,01 ^b
% Ac. titulable	0,25 ^a	0,37 ^b
pH	6,49 ^a	6,50 ^b
% Grasa	0,27 ^a	0,46 ^b
% Fibra	1,08 ^a	1,44 ^b
Proteína	4,00 ^a	7,29 ^b
%ISA	59,45 ^b	53,54 ^a
IAA	2,29 ^a	2,82 ^b

Letras distintas horizontalmente, indican diferencia significativa prueba Tukey ($p \leq 0,05$).

H1: muestra con 15% de humedad; H2: muestra con 20% de humedad; H3: muestra con 25% de humedad; H4: muestra con 30% de humedad; letras distintas horizontalmente, indican diferencia significativa prueba Tukey ($p \leq 0,05$).

Tabla 11. Resultados de caracterización fisicoquímico de la harina precocida de pituca morada y blanca obtenida por extrusión a diferentes humedades.

Análisis	Harina precocida de pituca obtenidas por extrusión							
	Morado				Blanco			
	H1	H2	H3	H4	H1	H2	H3	H4
% Humedad	7,08*	8,35*	9,13*	9,92*	6,44*	6,72*	9,95	10,11*
% Ceniza	3,33**	3,5**	3,60**	3,61**	3,93**	3,95**	4,05**	4,12**
% Ac. titulable	0,36*	0,22*	0,21*	0,20*	0,37*	0,40*	0,44*	0,27*
pH	6,33*	6,29*	6,61*	6,74*	6,53*	6,37*	6,29*	6,82*
% Grasa	0,35*	0,21*	0,27*	0,24*	0,49*	0,43*	0,52*	0,41*
% Fibra	1,12*	1,06*	1,10*	1,08*	1,46*	1,44*	1,47*	1,42*
Proteína	4,55*	3,68*	3,94*	3,85*	7,44*	7,29*	7,58*	6,88*
% ISA	73,77*	64,06*	53,70*	46,25*	65,39*	60,07*	51,86*	36,85*
IAA	1,29*	2,01*	2,87*	2,99*	2,05*	3,19*	3,54*	2,49*

H1: muestra con 15% de humedad; H2: muestra con 20% de humedad; H3: muestra con 25% de humedad; H4: muestra con 30% de humedad; (*) indican diferencia significativa al 5%; (**) no indican diferencia significativa prueba Tukey($p \leq 0,05$).

4.4.1. Humedad

En los resultados del porcentaje de humedad de las harinas extruidas, se encontró diferencia significativa entre variedades y humedad de extrusión tal como se muestra en las Tablas 9, 10 y 11; el mayor porcentaje de humedad se presentó en la variedad blanca extruida a 30% de humedad (10, 11%) y el menor en la pituca morada extruida a 15% de humedad (7,08%) el cual podría ser ocasionado por efecto del proceso y las condiciones de humedad inicial de la muestra, ya que las temperaturas altas ocasionan la evaporación del agua cuando el extruido sale de la matriz de extrusión (Ye et al., 2018).

Es preciso tener presente lo que Kaur et al. (2011) informan que, la humedad es un parámetro importante en el almacenamiento de harinas, niveles superiores al 12% permiten el crecimiento microbiano. COVENIN 2135 (1996) Y CODEX (2013) indica que la harina precocida de maíz contiene una humedad máxima permitida de hasta 15%, entonces se podría asumir que los resultados del porcentaje de humedad de las harinas precocidas de pituca están dentro de los límites permitidos.

4.4.2. Acidez titulable y pH

El mayor porcentaje de acidez se presentó en la variedad blanca extruida a 25% de humedad (0, 44%) y el menor en la pituca morada extruida a 30% de humedad (0,20%) decreciendo conforme aumenta la humedad, por el contrario sucede con el pH que se incrementa.

Ramón Ccana (2017) enuncian que los ácidos presentes, son compuestos capaces de ceder iones hidrógeno a una solución y el pH mide el potencial hidrogeno, se supondría que por esta razón existe la relación inversa en las respuestas.

El pH y la acidez titulable de la harina de frijol cruda fue de 6,46 y 1,05 respectivamente, para la harina de frijol extruida fue de 6,62 y 0,99 (Gomes et al., 2015). Mariam (2018) informan que el consumo de altos niveles de ácido oxálico y sus sales como el oxalato puede ocasionar gastroenteritis corrosiva y cálculos renales, por esta razón es recomendable evitar alimentos ricos en estos componentes. Sin embargo, existen alimentos como el cacao, la espinaca y el ruibarbo (4,5; 3,2 y 0,5%) con niveles mayores a los encontrados (Madriral et al., 2018; Belitz y Grosch, 2004). Comparativamente con otros anti nutrientes, es el compuesto que menos se ve

influenciado por la temperatura y por consiguiente del proceso de extrusión (Kaur et al., 2015).

4.4.3. Grasa

Los resultados del porcentaje de grasa de las harinas extruidas presentaron diferencia significativa entre variedades y humedades de extrusión según lo indicado en las Tablas 9, 10 y 11, el mayor porcentaje de grasa se presentó en la variedad blanca extruida a 15% de humedad (0,49%) y el menor en la pituca morada extruida a 20% de humedad (0,21%). Cerón et al. (2016) indican que la disminución se puede dar debido a la alta temperatura y la velocidad de tornillo empleadas en el extrusor, lo cual pudo ocasionar la degradación de los lípidos.

Por otro lado, COVENIN 2135 (1996) indica que el límite máximo permitido para la harina precocida de maíz es de 2% de grasa, estando los resultados dentro del rango.

4.4.4. Fibra

En los resultados del porcentaje de fibra de las harinas extruidas, se encontró diferencia significativa entre variedades y ligeramente en humedades de extrusión (Tablas 9, 10 y 11), el mayor porcentaje de fibra se presentó en la variedad blanca extruida a 25% de humedad (1,47%) y el menor en la pituca morada extruida a 20% de humedad (1,06%). Alcantara et al. (2013) mencionan que altas temperaturas (100 °C y 190 °C) reducen el contenido de fibra debido a la rotura de enlaces débiles entre las cadenas de polisacáridos y los enlaces glicosídicos en los polisacáridos de fibra dietética.

Cerón et al. (2016) informan en un estudio de dos variedades harina de quinua extruida que el contenido de fibra disminuye debido a la alta presión, la temperatura elevada y la cizalla que se presenta durante la extrusión ya que se fragmentan moléculas más grandes de hidratos complejos de carbono en moléculas más pequeñas que son solubles en agua, al igual que los fragmentos de fibra se unen para formar complejos grandes con otros compuestos y participan en la reacción de Maillard.

4.4.5. Proteína

Las Tablas 9 y 10 muestran resultados del porcentaje de proteína de las harinas extruidas, se determinó diferencia significativa entre variedades y humedades

de extrusión, el mayor porcentaje de proteína se presentó en la variedad blanca extruida a 25 % de humedad (7,58%) y el menor en la pituca morada extruida a 20% de humedad (3,68 %) como se aprecia en la Tabla 11.

Arici et al. (2016) mencionan que el contenido de proteínas de las muestras de harina osciló entre 14,73 a 16,28%, esto podría deberse a la pérdida de humedad. Hendek et al. (2019) determinaron que la harina de taro liofilizada contiene 14,87% de proteína; la variación de los datos podría deberse a diferentes metodologías de secado.

Cerón et al. (2016 y Alcantara et al. (2013) mencionan que el proceso de extrusión favorece la desnaturalización de las proteínas, pues estas son muy sensibles al calor a temperaturas superiores 60 °C, ocasionan cambios en la estructura nativa de la proteína dando lugar a varias reacciones químicas en la propia molécula proteica, o bien entre distintas proteínas donde los enlaces de hidrógeno y las interacciones hidrofóbicas no polares de las estructuras secundarias y terciarias de las proteínas se rompen por el calor

Aro y Calsin (2019) mencionan que el contenido de humedad del alimento y la temperatura de extrusión tienen un efecto en la desnaturalización de proteínas; según Dussán et al. (2019) la aparición de la reacción de Maillard, lleva a reducir el valor nutricional de la proteína y la pérdida de vitaminas lábiles al calor.

4.4.6. Ceniza

En el porcentaje de ceniza de las harinas extruidas indicadas en las Tablas 9 y 10, se halló diferencia significativa entre variedades y ligeramente en humedades de extrusión, el mayor porcentaje de ceniza se presentó en la variedad blanca extruida a 30% de humedad (4, 12%) y el menor en la pituca morada extruida a 15% de humedad (3,33%). Hendek et al. (2019) determinaron que la harina de taro liofilizada contiene 5,94% de ceniza, la variación de los datos podría deberse a diferentes metodologías de secado, además Cerón et al. (2016) mencionan que la ceniza disminuye durante la extrusión ya que los minerales participan en diferentes interacciones con distintos elementos y algunos nutrientes como las proteínas y la fibra dietética.

4.4.7. Índice de absorción de agua (IAA)

Gomes et al. (2015) indican que el IAA se incrementó en la harina de frijol extruido (7,65 g gel/g). Ojeda y Ubillus (2015) señalan que el incremento de la temperatura está relacionado con el aumento del índice de absorción de agua.

Las Tablas 9 y 10 señalan que el IAA de las harinas extruidas, presentan diferencia significativa entre variedades y ligeramente en humedades de extrusión; el mayor porcentaje de IAA se presentó en la variedad blanca extruida a 25% de humedad (3,54 g gel /g muestra) y el menor en la pituca morada extruida a 15% de humedad (1,29 g gel /g muestra) como indica la Tabla 11.

Carrasco y Saucedo (2019) reportan 5,98 g gel /g muestra de maíz mote y trigo instantáneo en la evaluación del IAA. Esto podría explicarse por el efecto de la humedad durante la extrusión: a bajas humedades aumenta la gelatinización y a altas humedades actúa como lubricante, disminuyendo la ruptura de las moléculas (Ye et al., 2018)

4.4.8. Índice de solubilidad en agua (ISA)

En los resultados del porcentaje de ISA de las harinas extruidas se encontró diferencia significativa entre variedades y en humedades de extrusión tal como se aprecia en las Tablas 9 y 10; el mayor porcentaje de ISA se presentó en la variedad morada extruida a 15% de humedad (73,77%) y el menor en la pituca blanca extruida a 30% de humedad (36,85%) como lo indica la Tabla 11.

Se reportó un incremento similar en el ISA de 11 a 61% en extruidos de amaranto (Ramos et al., 2015) y en kiwicha extruida (24,4 a 60,6%) evaluados antes y después del proceso (Basilio, 2020). Del mismo modo Gomes et al. (2015) mencionan que la harina de frijol extruida tiene un ISA de 36,93%; el incremento podría deberse a que se convierte en un almidón gelatinizado, por lo tanto, es más soluble, ya que la fuerza de cizallamiento mecánico de la extrusión provoca la dextrinización del almidón, reduciendo su peso molecular e incrementando la solubilidad (Ramos et al., 2015).

A humedades altas, los extruidos disminuyen su ISA, esto podría deberse a que la humedad actúa como lubricante, disminuyendo el cizallamiento mecánico (Basilio, 2020).

4.5. Características térmicas de las harinas precocidas obtenidas por extrusión

Tabla 12. Resultados de caracterización por DSC, propiedades térmicas de la harina precocida de pituca morada y blanca obtenida por extrusión.

Análisis	Harina precocida de pituca obtenidas por extrusión	
	Morado	Blanco
To °C	78,75 ^a	72,71 ^a
Tp °C	83,95 ^a	84,46 ^a
Tf °C	89,21 ^a	89,36 ^a
ΔHgel J/g	2,80 ^b	2,16 ^a

Letras distintas horizontalmente, indican diferencia significativa prueba Tukey ($p \leq 0,05$).

Tabla 13. Resultados de caracterización de las propiedades térmicas de la harina precocida de pituca obtenida por extrusión a diferentes humedades.

Análisis	Harina precocida de pituca obtenidas por extrusión			
	H1	H2	H3	H4
To °C	79,68 ^a	69,14 ^a	77,48 ^a	76,63 ^a
Tp °C	84,21 ^b	87,83 ^c	82,95 ^{ab}	81,84 ^a
Tf °C	88,38 ^a	92,50 ^b	88,15 ^a	88,10 ^a
ΔHgel J/g	1,49 ^a	2,49 ^b	2,86 ^b	3,09 ^b

H1: muestra con 15% de humedad; H2: muestra con 20% de humedad; H3: muestra con 25% de humedad; H4: muestra con 30% de humedad; letras distintas horizontalmente, indican diferencia significativa prueba Tukey ($p \leq 0,05$).

Tabla 14. Resultados de caracterización por DSC, propiedades térmicas de la harina precocida de pituca morada y blanca obtenida por extrusión a diferentes humedades.

Análisis	Harina precocida de pituca obtenidas por extrusión							
	Morado				Blanco			
	H1	H2	H3	H4	H1	H2	H3	H4
To °C	81,23**	78,75**	77,77**	77,28**	78,12**	59,54**	77,19**	75,97**
Tp °C	85,31*	83,38*	83,92*	83,21*	83,11*	92,27*	81,98*	80,47*
Tf °C	89,41*	88,04*	89,47*	89,91*	87,37*	96,96+	86,83*	86,30*
ΔH_{gel} J/g	1,38*	2,47*	3,35*	4,01*	1,60*	2,52*	2,38*	2,18*

H1: muestra con 15% de humedad; H2: muestra con 20% de humedad; H3: muestra con 25% de humedad; H4: muestra con 30% de humedad; (*) indican diferencia significativa al 5%; (**) no indican diferencia significativa prueba Tukey($p \leq 0,05$).

4.5.1. Propiedades térmicas

En los resultados de las propiedades térmicas de las harinas extruidas, se encontró diferencia significativa en las entalpías de gelatinización, ligeramente en las temperaturas pico, final y respecto a humedades como se puede observar en las tablas 12, 13 y 14, además de un comportamiento endotérmico como se muestra en la Figura 6 y 7; el mayor porcentaje de ΔH_{gel} se presentó en la variedad morada extruida a 30% de humedad (4,01 J/g) y el menor en la pituca morada extruida a 15% de humedad (1,38 J/g) seguido del blanco extruido a 15% de humedad (1,60 J/g), por tanto, a mayor porcentaje de humedad se requirió más energía. Con relación a las temperaturas, en la T_o no existe diferencia estadística, T_p y T_f ligeramente con respecto a la humedad, siendo mayor en las harinas extruidas a 15 y 20% para ambas temperaturas.

De modo similar, Samyor et al. (2018) determinaron entalpías de 2,75 y 2,42 J/g, rangos de gelatinización de 61,31 a 65, 55 °C y 45,77 a 84,43 °C y termogramas endotérmicos para la harina de arroz sin extruir y extruida enriquecida con polvo de maracuyá, conviene especificar que las harinas sin extruir mostraron propiedades térmicas más altas que los extruidos. Las entalpías indicaron que la energía requerida para producir la ruptura de la estructura del almidón depende de factores como tipo de almidón, humedad durante su caracterización, etc (González et al., 2019). Kaur et al. (2016) mencionan que el proceso de extrusión contribuye en la pre-gelatinización del almidón, por lo tanto, los extruidos tienen temperaturas más bajas de gelatinización.

Kaur et al. (2016) indican que la temperatura alta de transición es influenciada por el contenido y estructura de la amilopectina, González et al (2019) mencionan que a 75 ° C de temperatura y con mayor humedad, la amilosa de bajo peso molecular empieza a separarse del gránulo de almidón y cuando la temperatura se incrementa, los gránulos comienzan a colapsar hasta que la parte amorfa se solubiliza por completo, mientras que la parte cristalina se mantiene en la solución acuosa. No obstante, cuando no se incrementa el contenido de humedad, la gelatinización puede prolongarse a temperaturas más altas puesto que se da la fusión de los cristales de amilopectina restantes (Moreira et al., 2015).

Los almidones que gelatinizan a bajas temperaturas pueden ser usados en la elaboración de productos como postres, natillas, pudines (Torres et al., 2013).

4.6. Caracterización funcional de la harina precocida obtenida por extrusión

En la Tabla 15, 16 y 17 se presenta los resultados de la caracterización funcional de la harina precocida obtenida por extrusión

Tabla 15. Resultados de caracterización funcional de la harina precocida de pituca morada y blanca obtenida por extrusión.

Análisis	Harina precocida de dos variedades de pituca obtenidas por extrusión			
	H1	H2	H3	H4
DPPH ($\mu\text{mol ET/g}$)	8,26 ^d	7,50 ^c	6,10 ^b	3,86 ^a
ABTS ($\mu\text{mol ET/g}$)	57,25 ^d	46,86 ^c	40,81 ^b	26,69 ^a
Polifenoles (mg EAG/100 g)	324,47 ^c	285,17 ^b	292,13 ^b	212,62 ^a
Flavonoides (mg EC/100 g)	106,15 ^a	104,89 ^a	100,53 ^a	101,38 ^a

Letras distintas horizontalmente, indican diferencia significativa prueba Tukey ($p \leq 0,05$).

Tabla 16. Resultados de caracterización funcional de la harina precocida de pituca morada y blanca obtenida por extrusión. extruido a diferentes humedades.

Análisis	Harina precocida de pituca obtenidas por extrusión	
	Morado	Blanco
DPPH ($\mu\text{mol ET/g}$)	7,62 ^b	5,24 ^a
ABTS ($\mu\text{mol ET/g}$)	5,26 ^b	34,55 ^a
Polifenoles (mg EAG/100 g)	325,39 ^b	231,8 ^a
Flavonoides (mg EC/100 g)	138,84 ^b	67,64 ^a

H1: muestra con 15% de humedad; H2: muestra con 20% de humedad; H3: muestra con 25% de humedad; H4: muestra con 30% de humedad; letras distintas horizontalmente, indican diferencia significativa prueba Tukey ($p \leq 0,05$).

Tabla 17. Resultados de caracterización funcional de la pituca morada y blanca extruidas a diferentes humedades.

Análisis	Harina precocida de pituca obtenidas por extrusión							
	Morado				Blanco			
	H1	H2	H3	H4	H1	H2	H3	H4
DPPH ($\mu\text{mol ET/g}$)	9,50*	9,05*	7,29*	4,63*	7,02*	5,95*	4,91*	3,08*
ABTS ($\mu\text{mol ET/g}$)	63,32*	48,80*	49,08*	43,85*	51,18*	44,92*	32,54*	9,54*
Polifenoles (mg EAG/100 g)	411,50*	306,03*	303,33*	280,70*	237,43*	264,30*	280,93*	144,53*
Flavonoides (mg EC/100 g)	142,79**	142,93**	133,86**	135,76**	69,50**	66,86**	67,20**	67,00**

H1: muestra con 15% de humedad; H2: muestra con 20% de humedad; H3: muestra con 25% de humedad; H4: muestra con 30% de humedad; (*) indican diferencia significativa al 5%; (**) no indican diferencia significativa prueba Tukey($p \leq 0,05$).

4.6.1. Actividad antioxidante

DPPH

Así como en las muestras de pituca, en las harinas extruidas el mayor contenido por DPPH se presentó en la variedad morada extruida a 15% de humedad (9,50 $\mu\text{mol ET/g}$) y menor en la variedad blanca extruida a 30% de humedad (3,08 $\mu\text{mol ET/g}$). El aumento de los valores podría ser ocasionado por la liberación de compuestos antioxidantes propias del alimento por efecto del proceso (Ramos et al., 2017).

En consecuencia, la liberación de compuestos antioxidantes fue mayor a la destrucción de dichos componentes (Abderrahim et al., 2015) esto podría deberse a el efecto de la extrusión a 180 °C y el incremento de la humedad, lo cual guarda relación al comportamiento de los polifenoles.

Salazar et al. (2016) explican que a temperaturas de 180 °C los extruidos de sorjo incrementan su capacidad antirradical. Esto podría explicarse por el hecho de que las temperaturas superiores a 170 °C son suficientes para romper el enlace químico de la lignina y el ácido ferúlico de algunos alimentos. Dicho incremento podría ser causado por el cambio estructural de las paredes celulares, donde los ácidos fenólicos, como los ácidos ferúlicos y *p*-cumarico, se unen covalentemente a los arabinosilanos favoreciendo la liberación de estos compuestos e incrementar la actividad antirradical.

ABTS

De forma similar, la harina extruida con más capacidad antioxidante por ABTS se presentó en la variedad morada extruida a 15% de humedad (63,32 $\mu\text{mol ET/g}$) y menor en la variedad blanca descendiendo abruptamente en la extrusión a 30% de humedad (9,54 $\mu\text{mol ET/g}$).

Abderrahim et al. (2015) mencionan que el proceso de extrusión puede liberar compuestos antioxidantes dependiendo de los parámetros, en los resultados se aprecia comportamientos similares a los componentes fenólicos, sin embargo, existe una caída abrupta en el extruido con 30% humedad de la variedad blanca, esto puede ser ocasionado lo que menciona Sharma et al. (2012) que, durante el proceso de extrusión, mientras la humedad incrementa, mayor es la pérdida de componentes bioactivos.

4.6.2. Polifenoles

En las harinas extruidas el mayor contenido de polifenoles se presentó en la variedad morada extruida a 15% de humedad (411,50 mg EAG/100 g) y menor en la variedad blanca extruida a 30% de humedad (144,53 mg EAG/100 g)

Esto se debería a que a menores humedades la temperatura de extrusión era mayor y adecuada. En consecuencia, la liberación de compuestos fenólicos fue mayor a la destrucción de compuestos fenólicos por efecto de la humedad a temperaturas de extrusión de 180 °C (Abderrahim et al., 2015). En relación con la no destrucción de los compuestos, Rodríguez et al. (2021) menciona que la pituca contiene 80% de almidón y Parra (2010) investigo que el almidón en el proceso de extrusión se usa como un encapsulante de vitaminas, minerales, sabores nutracéuticos, antioxidantes, olores, etc.

4.6.3. Flavonoides

En las harinas extruidas no se presentó diferencias significativas respecto a humedades, pero si respecto a variedad. El mayor contenido de flavonoides se presentó en la variedad morada (138,84 mg EC/100 g) y menor en la variedad blanca (67,64 mg EC/100 g)

Singh et al. (2007) mencionan que las condiciones suaves de extrusión como un contenido alto de humedad y adecuada o baja temperatura favorecen la retención de vitaminas y absorción de minerales. Los niveles de humedad más altos producen más vitaminas retenidas (Rokey et al., 2010).

V. CONCLUSIONES

- Las características fisicoquímicas de la pituca morada y blanca fueron respectivamente: humedad (66,46 y 71,83%), ceniza (3,19 y 3,96%), ac. titulable (0,20 y 0,30%), pH (6,63 y 6,88), grasa (0,68 y 0,76%), proteína (5,37 y 7,82%), fibra (1,46 y 2,54%), ISA (14,80 y 10,13%), IAA (3,36 y 2,38 g gel/g) donde la variedad blanca se destaca en su mayoría a excepción del % ISA.
- Las características funcionales son mayores en la pituca variedad morada: capacidad antioxidante DPPH ($4,22 \pm 0,31$ b $\mu\text{Mol ET/g}$), ABTS ($25,75 \pm 1,32$ $\mu\text{Mol ET/g}$), Polifenoles ($140,77 \pm 5,34$ b mg EAG/100 g) y Flavonoides ($63,75 \pm 1,12$ bmg EC/100 g).
- La caracterización térmica por DSC en pituca morada presentó mayor temperatura de transición y menor energía ($7,72 \pm 1,34$ J/g).
- Las características fisicoquímicas de las harinas precocidas de pituca blanca y morada obtenidas por extrusión a diferentes porcentajes de humedad presentó: humedad (10,11 a 7,08%), ceniza (4,12 a 3,33%), Ac. titulable (0,44 a 0,20%), pH (6,82 a 6,29), grasa (0,49 a 0,21%), proteína (7,58 a 3,68%), fibra (1,47 a 1,06%), ISA (73,77 a 36,85%), IAA (3,54 a 1,29 g gel/g).
- Las características funcionales de la harina precocida de pituca morada extruida con 15% de humedad presentó mayores valores de: polifenoles (411,50 mg EAG/100 g), actividad antioxidante por DPPH (9,50 $\mu\text{mol ET/g}$), por ABTS (63,32 $\mu\text{mol ET/g}$), flavonoides (138,84 g EC/100 g).
- Las características térmicas de las harinas, con respecto a las temperaturas de transición presentan cambios significativos en las temperaturas pico y la energía requerida disminuye significativamente en la harina precocida de pituca morada extruida a 15% de humedad.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

Usar la información del presente trabajo de investigación de la harina precocida de pituca obtenida por extrusión para elaborar productos como snacks, harinas precocidas enriquecidas, harinas instantáneas, harinas sustituyentes para otros procesos como pan, fideos, etc.

Realizar más estudios de efecto de la extrusión en compuestos fenólicos, considerando el incremento de dichos compuestos en la pituca extruida.

Realizar estudios de análisis sensorial y vida útil de la harina precocida obtenida por extrusión.

Usar un extrusor de doble tornillo el cual permita mejorar la cocción total de las muestras de pituca o una granulometría más fina.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abderrahim, F., Huanatico, E., Segura, R., Arribas, S., Gonzalez, M & Condezo, L. (2015). Physical features, phenolic compounds, betalains and total antioxidant capacity of coloured quinoa seeds (*Chenopodium quinoa Willd*) from Peruvian Altiplano. *Food Chemistry*, 183, 83–90. doi:10.1016/j.foodchem.2015.03.029
- Aguiar, L., Geraldí, M., Betim, C & Maróstica, A. (2019). Functional Food Consumption and Its Physiological Effects. *Bioactive Compounds*, 205–225. doi:10.1016/b978-0-12-814774-0.00011-6
- Alam, F., Nawab, A., Lutfi, Z., & Haider, S. Z. (2020). Effect of Non-Starch Polysaccharides on the Pasting, Gel, and Gelation Properties of Taro (*Colocasia esculenta*) Starch. *Starch - Stärke*, 200006373,1-2. doi:10.1002/star.202000063
- Alam, M. & Aslam, R. (2021). Extrusion for the Production of Functional Foods and Ingredients. *Innovative Food Processing Technologies*, 22–35. doi:10.1016/b978-0-08-100596-5.23041-2
- Alam, S., Kaur, J., Khaira, H & Gupta, K. (2015). Extrusion and Extruded Products: Changes in Quality Attributes as Affected by Extrusion Process Parameters: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(3), 445–473. doi:10.1080/10408398.2013.779568
- Alcantara, R., Hurtada, H & Dizon, E. (2013). The Nutritional Value and Phytochemical Components of Taro (*Colocasia esculenta* L.) Schott] Powder and its Selected Processed Foods. *Journal of Nutrition and Food Sciences*, 03(03). doi:10.4172/2155-9600.1000207
- Anderson, R., Conway, H & Peplinski, A. (1970). Gelatinization of Corn Grits by Roll Cooking, Extrusion Cooking and Steaming. *Starch - Stärke*, 22(4), 130–135. doi:10.1002/star.19700220408
- A.O.A.C. International, (1998). Official Methods of Analysis. Desima sexta edición y cuarta revisión. Washington D.C.
- A.O.A.C. (2000). Association of Oficial Analytical Chemist. Me - thods of Análisis. Washington DC.
- A.O.A.C. (2008). Official Methods of analysis of AOAC (Association of Official Analytical

- Chemists) International. Agricultural Chemicals, Foods, Contaminants and Drugs. V1 y V2
Arlington: A.O.A.C. Inc. 2658 pp. Acribia. Zaragoza. España.
- Aragadvay, R., Núñez, O., Velástegui, G., Villacís, L., & Guerrero, J. (2016). Uso de harina de *Colocasia esculenta* L., en la alimentación de cerdos y su efecto sobre parámetros productivos. *Journal of the Selva Andina Animal Science*, 3(2), 98-104. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2311-25812016000200004&lng=es&tlng=es.
- Arici, M., Yildirim, M., Özülkü, G., Yaşar, B & Toker, S. (2016). Physicochemical and nutritional properties of taro (*Colocasia esculenta* L. Schott) flour as affected by drying temperature and air velocity. *LWT*, 74, 434–440. doi:10.1016/j.lwt.2016.08.006
- Aro, J. & Calsin, M. (2019). Elaboración de una mezcla alimenticia a base de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen), cebada (*Hordeum vulgare* L.) maiz (*Zea mays* L.), haba (*Vicia faba* L.) y soya (*Glycine max* L. Merr) por proceso de cocción - extrusión. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 21(4), 293-303. <https://dx.doi.org/10.18271/ria.2019.506>
- Basilio, A, J. (2020). Obtención de una mezcla alimenticia a partir de Quinua (*Chenopodium quinoa*) y Kiwicha (*Amaranthus caudatus*) extruidas, y Tarwi (*Lupinus mutabilis*). [Tesis doctoral en ciencia de alimentos, Universidad Nacional Agraria la Molina]. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/4498>
- Belitz, H.D. y Grosch, W. (2004). Ciencia y tecnología de los alimentos. *Química de los alimentos*. Ed. Acribia, S.A.
- Bernal, C., Couto, B., Breviglieri, S & Cavalheiro, É. (2002). Influência de alguns parâmetros experimentais nos resultados de análises calorimétricas diferenciais - DSC. *Química Nova*, 25(5), 849–855. doi:10.1590/s0100-40422002000500023
- Cabrera, A., Cervantes, E., Morales, E., Rodriguez, M., Reyes, M & Gaytán, M. (2021). Effect of Extrusion on the Crystalline Structure of Starch during RS5 Formation. *Polysaccharides*, 2(1), 187–201. doi:10.3390/polysaccharides2010013
- Calle, J., Benavent, G & Rosell, C. (2020). Development of gluten free breads from *Colocasia esculenta* flour blended with hydrocolloids and enzymes. *Food Hydrocolloids*, 98, 105243. doi:10.1016/j.foodhyd.2019.105243
- Calle, J., Benavent, G & Rosell, C. (2021). Use of flour from cormels of *Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott and *Colocasia esculenta* (L.) Schott to develop pastes foods: Physico-chemical,

- functional and nutritional characterization. *Food Chemistry*, 344, 128666. doi:10.1016/j.foodchem.2020.128666
- Carrasco, C, J., & Saucedo, G, J. (2019). Formulación y evaluación de un alimento instantáneo por extrusión a base de maíz mote (*Zea mays* L.) y trigo (*Triticum aestivum*). [Tesis Ing. Industrias alimentarias, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12893/4599>
- Cerón, C., Guerra, L., Legarda, J., Enríquez, M & Pismag, Y. (2016). Efecto de la extrusión sobre las características físico-químicas de harina de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*). *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14(2), 92-99. [https://dx.doi.org/10.18684/BSAA\(14\)92-99](https://dx.doi.org/10.18684/BSAA(14)92-99)
- Chaiyakul, S., Jangchud, K., Jangchud, A., Wuttijumnong, P & Winger, R. (2009). Effect of extrusion conditions on physical and chemical properties of high protein glutinous rice-based snack. *LWT - Food Science and Technology*, 42(3), 781–787. doi:10.1016/j.lwt.2008.09.011
- Coronell, D., Chávez, R., Bosques, Á & López, M. (2019). Characterization of cocoyam (*Xanthosoma spp.*) corm flour from the Nazareno cultivar. *Food Science and Technology*, 39(2), 349–357. doi:10.1590/fst.30017
- Codex Alimentarius. (2013). Norma para la harina de yuca comestible. Codex stan 176-1989. <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codextexts/list-standards/en/>.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales. (1996). Harina de maíz precocida. COVENIN 2135.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales. (2003). Determinación de grasa. COVENIN 2831.
- Cruz, C., & Lizarazo, C. (2016). Efectos de la inclusión de dietas ricas en flavonoides en la calidad de la leche bovina. *Revista de Medicina Veterinaria*, (31), 137-150. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-93542016000100013&lng=en&tlng=es.
- Cuggino, M, I. (2008). *Desarrollo de alimentos precocidos por extrusión a base de maíz-leguminosa*. [Tesis Magíster en Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Universidad Nacional del Litora]. <http://hdl.handle.net/11185/60>

- Díaz, F., Ormaza, A., & Rojano, B. (2018). Efecto de la tostión del café (*Coffea arabica* L. var. *Castillo*) sobre el perfil de taza, contenido de compuestos antioxidantes y la actividad antioxidante. *Información Tecnológica, Colombia*. 29(4):31–42. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v29n4/0718-0764-infotec-29-04-00031.pdf>
- Dussán, S., Cruz, R., & Godoy, S. (2019). Estudio del Perfil de Aminoácidos y Análisis Proximal de Pastas Secas Extruidas a Base de Harina de Quinua y Harina de Chontaduro. *Información Tecnológica*, 30(6), 93–100. doi:10.4067/s0718-07642019000600093
- Egal, A., & Oldewage, W. (2019). Extruded food products and their potential impact on food and nutrition security. *South African Journal of Clinical Nutrition*, 33(4), 142–143. doi:10.1080/16070658.2019.1583043
- Estrada, R., Ubaldo, D., & Araujo, G. (2012). Los flavonoides y el Sistema Nervioso Central. *Salud mental*, 35(5), 375–384. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33252012000500004&lng=es&tlng=es.
- Etcheverry, P., Grusak, A., & Fleige, E. (2012). Application of in vitro bioaccessibility and bioavailability methods for calcium, carotenoids, folate, iron, magnesium, polyphenols, zinc, and vitamins B6, B12, D, and E. *Frontiers in Physiology*, 3. doi:10.3389/fphys.2012.00317
- Fang, Y., Ji, J., Zhang, J., Liu, S., Liu, J., & Ding, Y. (2019). Effect of extrusion cooking on physicochemical properties of tuna meat-based extrudates. *Food Science and Technology*, 39(3), 627–634. doi:10.1590/fst.36617
- Figueroa, R., Tamayo, J., González, S., Moreno, G., & Vargas, L. (2011). Actividad antioxidante de antocianinas presentes en cáscara de pitahaya (*Hylocereus undatus*). *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 12(1), 44–50. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81318808007>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2012). *Risk diversification through taro (Colocasia esculenta) cultivation in areas prone to floods and water logging, Bangladesh*. <http://www.fao.org/3/CA3551EN/ca3551en.pdf>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (1999). *Taro Cultivation in Asia and the Pacific*. <http://www.fao.org/3/ac450e/ac450e04.htm#b1-2.1%20Classification%20and%20Genetics>

- Gharanjig, H., Gharanjig, K., Hosseinneshad, M., & Jafari, M. (2020). Differential scanning calorimetry (DSC) of nanoencapsulated food ingredients. Characterization of Nanoencapsulated *Food Ingredients*, 295–346. doi:10.1016/b978-0-12-815667-4.00010-9
- Ghosh, N., Das, A., & Sen, K. (2019). Nutritional supplements and functional foods. *Nutraceutical and Functional Food Regulations in the United States and Around the World*, 13–35. doi:10.1016/b978-0-12-816467-9.00002-2
- Gomes, L. de O. F., Santiago, R. de A. C., Carvalho, A. V., Carvalho, R. N., Oliveira, I. G. de, & Bassinello, P. Z. (2015). Application of extruded broken bean flour for formulation of gluten-free cake blends. *Food Science and Technology (Campinas)*, 35(2), 307–313. doi:10.1590/1678-457x.6521
- González, L., Guemes, N., Chel, A., Bernardino, A., Soto, S., Chanona, J & Quintero, A. (2019). Physical–chemical characterization and antioxidant properties of extruded products made from mixtures composed of corn grits and red potato flour (*Oxalis tuberosa*). *CyTA - Journal of Food*, 17(1), 69–77. doi:10.1080/19476337.2018.1554703
- Gulati, P., Brahma, S & Rose, J. (2020). Impacts of extrusion processing on nutritional components in cereals and legumes: Carbohydrates, proteins, lipids, vitamins, and minerals. *Extrusion Cooking*, 415–443. doi:10.1016/b978-0-12-815360-4.00013-4
- Hadjadj, S., Esnault, M., Berardocco, S., Guyot, S., Bouchereau, A., Ghouini, F., Lamini, R & Ould, A. (2020). Polyphenol composition and antioxidant activity of *Searsia tripartita* and *Limoniastrum guyonianum* growing in Southeastern Algeria. *Scientific African*, 10, e00585. doi:10.1016/j.sciaf.2020.e00585
- Hendek, M., Atasoy, R & Akin, S. (2019). Evaluation of taro [*Colocasia Esculenta* (L.) Schott] flour as a hydrocolloid on the physicochemical, rheological, and sensorial properties of milk pudding. *Journal of Food Processing and Preservation*, 43(10). doi:10.1111/jfpp.14103
- Himeda, M., Njintang, N., Gaiani, C., Nguimbou, R. M., Scher, J., Facho, B., & Mbofung, C. M. (2014). Physicochemical and thermal properties of taro (*Colocasia esculenta* sp) powders as affected by state of maturity and drying method. *Journal of food science and technology*, 51(9), 1857–1865. <https://doi.org/10.1007/s13197-012-0697-9>
- Hornung, P, P. (2018). *Brazilian yam and turmeric native starches: Characterization, modification and application*. [Tesis doctoral ingenieria de Alimentos, Universidad de Manitoba]. 10.13140/RG.2.2.15569.63849.

- Huet, B. C. (2017). *Métodos analíticos para la determinación de antioxidantes en muestras biológicas*. [Grado en farmacia, Universidad Complutense]. <http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/LAURA%20DIEZ%20DE%20LA%20IGLESIA.pdf>
- Jiménez, M & Sammán, N. (2014). Caracterización química y cuantificación de fructooligosacáridos, compuestos fenólicos y actividad antirradical de tubérculos y raíces andinos cultivados en el noroeste de Argentina. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 64(2), 131-138. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222014000200008&lng=es&tlng=es.
- Jiménez, M, & Sánchez, S. (2017). Evaluación nutricional de la papa de aire (*Dioscorea bulbifera* L.) cultivada en Panamá. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 67(1), 62-67. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222017000100009&lng=es&tlng=es
- Kaur, S., Sharma, S., Singh, B., & Dar, B. N. (2015). Effect of extrusion variables (temperature, moisture) on the antinutrient components of cereal brans. *Journal of food science and technology*, 52(3), 1670–1676. <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1118-4>
- Kaur, A., Shevkani, K., Katyal, M., Singh, N., Ahlawat, K & Singh, M. (2016). Physicochemical and rheological properties of starch and flour from different durum wheat varieties and their relationships with noodle quality. *Journal of Food Science and Technology*, 53(4), 2127–2138. doi:10.1007/s13197-016-2202-3
- Kaur, M., Kaushal, P., & Sandhu, S. (2011). Studies on physicochemical and pasting properties of Taro (*Colocasia esculenta* L.) flour in comparison with a cereal, tuber and legume flour. *Journal of Food Science and Technology*, 50(1), 94–100. doi:10.1007/s13197-010-0227-6
- Kehinde, A. (2016). Engineering Review Food Extrusion Technology and Its Applications. *Journal of Food Science and Engineering*, 6(3). doi:10.17265/2159-5828/2016.03.005
- Kuskoski, M., Asuero, G., Troncoso, M., Mancini, J & Fett, R. (2005). Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 25(4), 726–732. doi:10.1590/s0101-20612005000400016
- Lee, S., Choi, Y., Jeong, H. S., Lee, J & Sung, J. (2017). Effect of different cooking methods on the content of vitamins and true retention in selected vegetables. *Food Science and Biotechnology*. doi:10.1007/s10068-017-0281-1

- Madrigal, V., Hernández, V., Jáuregui, C., Concepción, M & Casas, G. (2018). Physical and nutritional characterization of tuber meal of Malanga (*Colocasia esculenta* L. Schott) of Actopan, Veracruz, Mexico. *Archivos Latinoamericanos De Nutricion*, 68(2), 175-183. https://www.researchgate.net/publication/332549188_Physical_and_nutritional_characterization_of_tuber_meal_of_Malanga_Colocasia_esculenta_L_Schott_of_Actopan_Veracruz_Mexico
- Mariam, L. (2018). Effects of Taro Varieties and Blending Ratios on Proximate Compositions and Anti-Nutritional Factors of Taro (*Colocasia esculenta*) –Wheat (*Aestium triticism*) Composite Bread. *Current Trends in Biomedical Engineering and Biosciences*, 16(2). doi:10.19080/ctbeb.2018.16.555935
- Martins, A., Beninca, C., Bet, D., Bisinella, B., De Oliveira, S., Hornung, S & Schnitzler, E. (2020). Ultrasonic modification of purple taro starch (*Colocasia esculenta* B. Tini): structural, psychochemical and thermal properties. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 142(2), 819–828. doi:10.1007/s10973-020-09298-3
- Mbofung, C., Aboubakar, Y., Njintang, A., Abdou, B & Balaam, F. (2006). Physicochemical and functional properties of six varieties of taro (*Colocasia esculenta* L. Schott) flour. *Journal of Food Technology*. 4. 135-142. https://www.researchgate.net/publication/284397371_Physicochemical_and_functional_properties_of_six_varieties_of_taro_Colocasia_esculenta_L_Schott_flour
- Mercado, G., Carrillo, R., Wall, A., López, A & Álvarez, E. (2013). Compuestos polifenólicos y capacidad antioxidante de especias típicas consumidas en México. *Nutrición Hospitalaria*, 28(1), 36-46. <https://dx.doi.org/10.3305/nh.2013.28.1.6298>
- Montoya, J., Giraldo, A., & Aguirre, C. (2012). Caracterización física de harina de trigo y pan mediante determinación de calorimetría diferencial de barrido y análisis termogravimétrico. *Vitae*, 19(1), S417-S419. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169823914131>
- Moreira, R., Chenlo, F., & Arufe, S. (2015). Starch transitions of different gluten free flour doughs determined by dynamic thermal mechanical analysis and differential scanning calorimetry. *Carbohydrate Polymers*, 127, 160–167. doi:10.1016/j.carbpol.2015.03.062
- Norma Técnica Ecuatoriana. (2013). NTE INEN-ISO 1842. Productos vegetales y de frutas- Determinación de pH.

- Nur, T. & Amin, I. (2016). Advances in Differential Scanning Calorimetry for Food Authenticity Testing. *Advances in Food Authenticity Testing*, 311–335. doi:10.1016/b978-0-08-100220-9.00012-6
- Ocaña, P, I. y Salazar, G, D. (2019). *Caracterización Fisicoquímica, Nutricional y Reológica De Cultivos Andinos Infrautilizados*. [Tesis Ing. Industrias Alimentarias, Universidad Técnica de Ambato].
<https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/30002>
- Okonkwo, C. (1993). Taro. Genetic Improvement of Vegetable Crops. En G. KALLOO y B. Bergh (Ed.), *Genetic Improvement of Vegetable Crops* (pp. 709–715). Pergamum.
- Ojeda, L, A. y Ubillus, M, B. (2015). *Formulación y obtención de champus deshidratado a base de maíz mote (Zea mays) y harina de quinua (Chenopodium quinoa wild)*. [Tesis Ing. Industrias alimentarias, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo].
<https://hdl.handle.net/20.500.12893/159>
- Orccottoma, M. A. (2012). Fitogeografía e industrialización del almidón de pituca (*Colocasia esculenta*). [Tesis Ing. Químico, Universidad Nacional de San Marcos].
<https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/espacioydesarrollo/article/view/7587>
- Ormeño, M. y Ortega, D. (2017). Elaboración de snack y hojuelas extruidos a partir de cereales y lenteja (*lens culinaris*), con la optimización del equipo de extrusión en seco. [Tesis Ing. Industrias alimentarias, Universidad Católica de Santa María].
<https://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/6457>
- Parra, R. (2010). Revisión: Microencapsulación de Alimentos. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 63(2), 5669-5684.
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0304-28472010000200020&lng=en&tlng=es.
- Pérez, E., Gutiérrez, M., De Delahaye, E., Tovar, J. & Lares, M. (2007). Production and Characterization of *Xanthosoma sagittifolium* and *Colocasia esculenta* Flours. *Journal of Food Science*, 72(6), S367–S372. doi:10.1111/j.1750-3841.2007.00420.x
- Púa, L., Barreto, E., Zuleta, L., & Herrera, D. (2019). Nutrient Analysis of Taro Root (*Colocasia esculenta* Schott) in the Dry Tropics of Colombia. *Información tecnológica*, 30(4), 69-76.
<https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000400069>

- Ramón, C. F. (2017). Efecto del estrés abiótico post-cosecha en las características físico- químicas y de algunos metabolitos primarios de mashua morada (*Tropaeolum tuberosum*). [Tesis Ing. Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria la Molina]. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3009>
- Ramón, M., Gómez, E., Rosales, N., León, E., & Madrid, Y. (2019). Extraction, identification and quantification of polyphenols from spent coffee grounds by chromatographic methods and chemometric analyses. *Waste Management, Spain*. 96:15–24. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.07.009>
- Ramos, F., Muñoz, A., Alvarado, C., & Yáñez, A. (2010). Antocianinas, polifenoles, actividad anti-oxidante de sachapapa morada (*Dioscorea trifida* L.) y evaluación de lipoperoxidación en suero humano. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 76(1), 61-72. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2010000100007&lng=es&tlng=es.
- Ramos, J., Sundarrajan, L., Kariluoto, S., Lampi, A., Tenitz, S., & Jouppila, K. (2017). Effect of Extrusion Cooking on Physical Properties and Chemical Composition of Corn-Based Snacks Containing Amaranth and Quinoa: Application of Partial Least Squares Regression. *Journal of Food Process Engineering*, 40(1), e12320. doi:10.1111/jfpe.12320
- Ramos, J., Suuronen, J., Deegan, K., Serimaa, R., Tuorila, H., & Jouppila, K. (2015). Physical and sensory characteristics of corn-based extruded snacks containing amaranth, quinoa and kañiwa flour. *LWT - Food Science and Technology*, 64(2), 1047–1056. doi:10.1016/j.lwt.2015.07.011
- Raudino, A., Sarpietro, M., & Pannuzzo, M. (2013). Differential scanning calorimetry (DSC): theoretical fundamentals. *Drug-Biomembrane Interaction Studies*, 127–168. doi:10.1533/9781908818348.127
- Redhead, J. (1990). Utilización de alimentos tropicales: raíces y tubérculos. Roma. FAO 47/2. 37pp.
- Riaz, M. N. (2019). Food Extruders. Handbook of Farm, *Dairy and Food Machinery Engineering*, 483–497. P 427 doi:10.1016/b978-0-12-814803-7.00019-1
- Ribeiro, P., Bertozzi, É., Nitzsche, A., Afonso, M., & Margaret, V. (2020). Anticancer and Immunomodulatory Benefits of Taro (*Colocasia esculenta*) Corms, an Underexploited

- Tuber Crop. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(1), 265. doi:10.3390/ijms22010265
- Riojaz Loayza, Z. (2018). Actividad antioxidante y polifenoles totales del extracto hidroalcohólico de tres ecotipos del tubérculo de (*Tropaeolum tuberosum*R) y P. “mashua”. [Tesis Ing. Química Farmacéutica, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/3346>
- Rivas, B., Leal, Iván., Loaiza, L., Morillo, Y., & Colina, J. (2017). Compuestos fenólicos y actividad antioxidante en extractos de cuatro especies de orégano. *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia*, 40(3), 134-142. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0254-07702017000300002&lng=es&tlng=es.
- Rodriguez, M., Hernandez, M., Delgado, J. M., Ramirez, C., Ramirez, M., Millan, B., & Londoño, S. (2021). Crystalline structures of the main components of starch. *Current Opinion in Food Science*, 37, 107–111. doi:10.1016/j.cofs.2020.10.002
- Rokey, G., Plattner, B., & Souza, E. (2010). Feed extrusion process description. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39, 510-518. <https://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982010001300055>
- Sakai, W. S. (1979). Aroid Root Crops, Acridity, And Raphides. *Tropical Food: Chemistry and Nutrition*, 265–278. doi:10.1016/b978-0-12-370901-1.50021-0
- Salazar L, J., Loarca, G., Campos, R., Gaytán, M., Morales, E., Esquerre, M., & Robles, M. (2016). The Extrusion Process as an Alternative for Improving the Biological Potential of Sorghum Bran: Phenolic Compounds and Antiradical and Anti-Inflammatory Capacity. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2016, 1–8. doi:10.1155/2016/8387975
- Samy, D., Deka, S., & Das, A. (2018). Effect of extrusion conditions on the physicochemical and phytochemical properties of red rice and passion fruit powder based extrudates. *Journal of Food Science and Technology*, 55(12), 5003–5013. doi:10.1007/s13197-018-3439-9
- Sandoval, A., Rodriguez, E., & Fernandez, Q. (2005). Aplicación del análisis por calorimetría diferencial de barrido (DSC) para la caracterización de las modificaciones del almidón. *DYNA*, 72(146), 45-53. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532005000200004&lng=en&tlng=es.

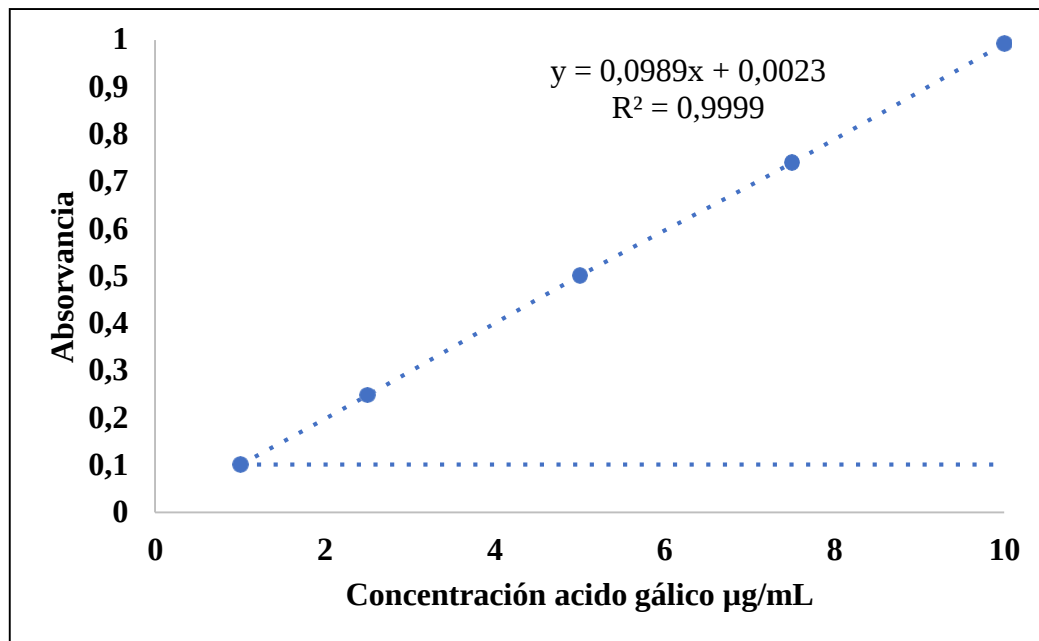
- Santos, L., Schmiele, M., Aguiar, L., Steel, J., Silva, P., & Souza, F. (2020). Evaluation of extruded corn breakfast cereal enriched with whole peach palm (*Bactris gasipaes*, Kunth) Flour. *Food Science and Technology*, 40(2), 458–464. doi:10.1590/fst.04019
- Sharma, P., Gujral, S., & Singh, B. (2012). Antioxidant activity of barley as affected by extrusion cooking. *Food Chemistry*, 131(4), 1406–1413. doi:10.1016/j.foodchem.2011.10.009
- Simsek, S., Y El, S. (2015). In vitro starch digestibility, estimated glycemic index and antioxidant potential of taro (*Colocasia esculenta* L. Schott) corm. *Food Chemistry*, 168, 257–261. doi:10.1016/j.foodchem.2014.07.052
- Singh, S., Gamlath, S., & Wakeling, L. (2007). Nutritional aspects of food extrusion: a review. *International Journal of Food Science and Technology*, 42(8), 916–929. doi:10.1111/j.1365-2621.2006.01309.x
- Tan, I., & Halley, J. (2014). “Structure-Property” Relationships of Genetically Modified Starch. *Starch Polymers*, 31–75. doi:10.1016/b978-0-444-53730-0.00020-8
- Torres, R., Montero, C., & Duran, L. (2013). Propiedades fisicoquímicas, morfológicas y funcionales del almidón de malanga (*Colocasia esculenta*). *Revista Lasallista de Investigación*, 10(2), 52-61. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=69529816007>
- Valeriano, T, M. (2018). Gestión de las unidades familiares, con respecto a los objetivos de desarrollo sostenible en las comunidades rurales, del distrito de Daniel Alomía Robles, región Huánuco. [Tesis Ing. Zootecnista, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1626>
- Vega, A., De León, A., & Reyes, M. (2017). Determinación del Contenido de Polifenoles Totales, Flavonoides y Actividad Antioxidante de 34 Cafés Comerciales de Panamá. *Información tecnológica*, 28(4), 29-38. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642017000400005>
- Velásquez, D., Lucas, C., & Quintero, D. (2017). Physical-chemical characteristics determination of potato (*Solanum phureja* Juz. y Bukasov) starch. *Acta Agronómica*, 66(3), 323–330. doi:10.15446/acag.v66n3.52419

- Wu, Q. y Zhou, J. (2021). The application of polyphenols in food preservation. *Advances in Food and Nutrition Research*. doi:10.1016/bs.afnr.2021.02.005
- Ye, J., Hu, X., Luo, S., Liu, W., Chen, J., Zeng, Z., & Liu, C. (2018). Properties of Starch after Extrusion: A Review. *Starch - Stärke*, 70,11-12. doi:10.1002/star.201700110
- Yábar, E., Chirinos, R., & Campos, D. (2019). Phenolic compounds and antioxidant capacity in three maca (*Lepidium meyenii* Walp.) ecotypes during pre-harvest, harvest and natural post-harvest drying. *Scientia Agropecuaria*, 10(1), 85–97. doi:10.17268/sci.agropecu.2019.01.10

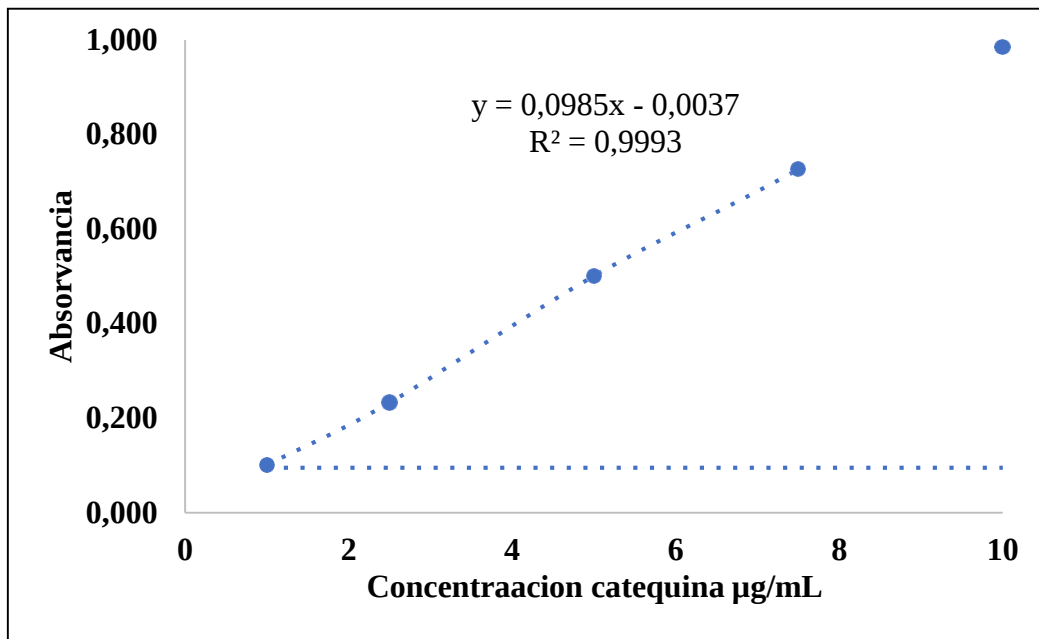
ANEXO

A-I

Comportamiento de la curva estándar de ácido gálico para la cuantificación de polifenoles totales.

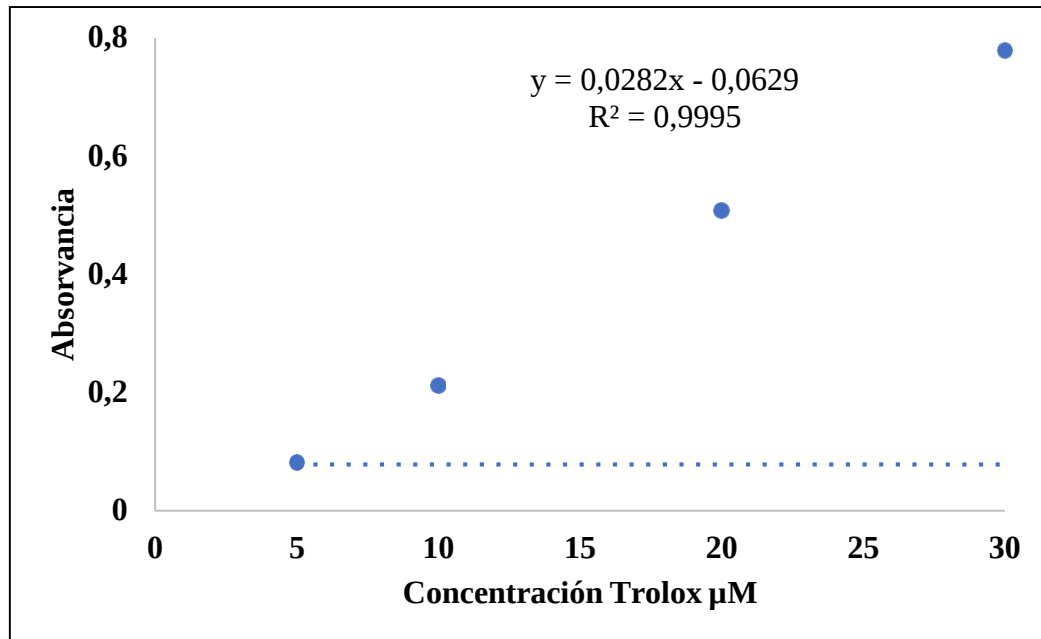
**A-II**

Comportamiento de la curva estándar de catequina para la cuantificación de flavonoides

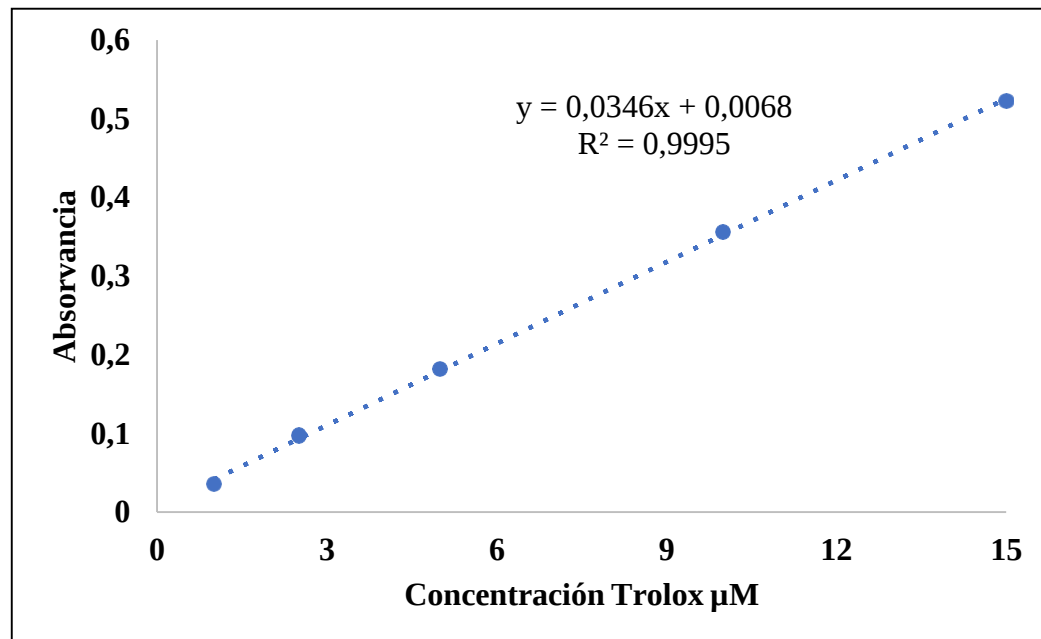


A-III

Comportamiento de la curva estándar del Trolox para la inhibición del radical DPPH.

**A-IV**

Comportamiento de la curva estándar del Trolox para la inhibición del radical ABTS.



A-V

ANOVA del %Humedad de la pituca morada y blanca.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	43,3628	1	43,3628	1666,73	0,0000
Intra grupos	0,104067	4	0,0260167		
Total (Corr.)	43,4669	5			

A-VI

Prueba de Tukey para %Humedad de la pituca morada y blanca.

VARIEDADES	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Morado	3	66,46	a
Blanco	3	71,8367	b

A-VII

ANOVA de %Acidez titulable de la pituca morada y blanca.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,026136	1	0,026136	3824,78	0,0000
Intra grupos	0,0000273333	4	0,00000683333		
Total (Corr.)	0,0261633	5			

A-VIII

Prueba de Tukey para %Acidez titulable de la pituca morada y blanca.

VARIEDADES	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Morado	3	0,195333	A
Blanco	3	0,327333	B

A-IX

ANOVA del pH de la pituca morada y blanca.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,0988167	1	0,0988167	2964,50	0,0000
Intra grupos	0,000133333	4	0,0000333333		
Total (Corr.)	0,09895	5			

A-X

Prueba de Tukey para pH de la pituca morada y blanca.

VARIEDADES	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Morado	3	6,62667	a
Blanco	3	6,88333	b

A-XI

ANOVA del %Grasa de la pituca morada y blanca.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,010086	1	0,010086	3362,00	0,0000
Intra grupos	0,000012	4	0,000003		
Total (Corr.)	0,010098	5			

A-XII

Prueba de Tukey para %Grasa de la pituca morada y blanca.

VARIEDADES	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Morado	3	0,679	a
Blanco	3	0,761	b

A-XIII

ANOVA del %Fibra de la pituca morada y blanca.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1,76042	1	1,76042	1025,49	0,0000
Intra grupos	0,00686667	4	0,00171667		
Total (Corr.)	1,76728	5			

A-XIV

Prueba de Tukey para %Fibra de la pituca morada y blanca.

VARIEDADES	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Morado	3	1,45667	a
Blanco	3	2,54	b

A-XV

ANOVA del %Proteína de la pituca morada y blanca.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	9,00816	1	9,00816	16681778,78	0,0000
Intra grupos	0,00000216	4	5,4E-7		
Total (Corr.)	9,00816	5			

A-XVI

Prueba de Tukey para %Proteína de la pituca morada y blanca.

VARIEDADES	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Morado	3	5,3661	a
Blanco	3	7,8167	b

A-XVII

ANOVA del IAA de la pituca morada y blanca.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1,45337	1	1,45337	22,64	0,00089
Intra grupos	0,256773	4	0,0641932		
Total (Corr.)	1,71014	5			

A-XVIII

Prueba de Tukey para IAA del tubérculo pituca morado y blanco.

VARIEDADES	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Blanco	3	2,37967	a
Morado	3	3,364	b

A-XIX

ANOVA del %Ceniza de la pituca morada y blanca.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,891662	1	0,891662	95535,16	0,0000
Intra grupos	0,0000373333	4	0,00000933333		
Total (Corr.)	0,891699	5			

A-XX

Prueba de Tukey para %Ceniza de la pituca morada y blanca.

VARIEDADES	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Morado	3	3,19133	a
Blanco	3	3,96233	b

A-XXI

ANOVA del %ISA de la pituca morada y blanca.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	32,676	1	32,676	925,32	0,0000
Intra grupos	0,141253	4	0,0353132		
Total (Corr.)	32,8173	5			

A-XXII

Prueba de Tukey para %ISA de la pituca morada y blanca.

VARIEDADES	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Blanco	3	10,1337	a
Morado	3	14,801	b

A-XXIII

ANOVA de la To de la pituca morada y blanca.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	23,1516	1	23,1516	182,21	0,0002
Intra grupos	0,508237	4	0,127059		
Total (Corr.)	23,6599	5			

A-XXIV

Prueba de Tukey para To de la pituca morada y blanca.

VARIEDADES	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Blanco	3	77,422	a
Morado	3	81,3507	b

A-XXV

ANOVA de la Tp de la pituca morada y blanca.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	16,5868	1	16,5868	420,37	0,0000
Intra grupos	0,157829	4	0,0394573		
Total (Corr.)	16,7446	5			

A-XXVI

Prueba de Tukey para Tp de la pituca morada y blanca.

VARIEDADES	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Blanco	3	81,9223	a
Morado	3	85,2477	b

A-XXVII

ANOVA de la Tf de la pituca morada y blanca.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	15,2929	1	15,2929	37,10	0,0037
Intra grupos	1,64886	4	0,412215		
Total (Corr.)	16,9417	5			

A-XXVIII

Prueba de Tukey para Tf de la pituca morada y blanca.

VARIEDADES	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Blanco	3	87,342	a
Morado	3	90,535	b

A-XXIX

ANOVA de la Δ Hgel de la pituca morada y blanca.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	91,9007	1	91,9007	54,15	0,0018
Intra grupos	6,7887	4	1,69718		
Total (Corr.)	98,6894	5			

A-XXX

Prueba de Tukey para Δ Hgel de la pituca morada y blanca.

VARIEDADES	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Morado	3	6,24	a
Blanco	3	14,07	b

A-XXXI

ANOVA de la actividad antioxidante por DPPH de la pituca morada y blanca.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	5,415	1	5,415	94,78	0,0006
Intra grupos	0,228533	4	0,0571333		
Total (Corr.)	5,64353	5			

A-XXXII

Prueba de Tukey para la actividad antioxidante por DPPH de la pituca morada y blanca.

VARIEDADES	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Blanco	3	2,32333	a
Morado	3	4,22333	b

A-XXXIII

ANOVA de la actividad antioxidante por ABTS de la pituca morada y blanca.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	44,7174	1	44,7174	9,12	0,0391
Intra grupos	19,6076	4	4,9019		
Total (Corr.)	64,325	5			

A-XXXIV

Prueba de Tukey para la actividad antioxidante por ABTS de la pituca morada y blanca.

VARIEDADES	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Blanco	3	20,29	a
Morado	3	25,75	b

A-XXXV

ANOVA de Polifenoles de la pituca morada y blanca.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1529,61	1	1529,61	10,38	0,0322
Intra grupos	589,613	4	147,403		
Total (Corr.)	2119,22	5			

A-XXXVI

Prueba de Tukey para Polifenoles de la pituca morada y blanca.

VARIEDADES	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Blanco	3	108,833	a
Morado	3	140,767	b

A-XXXVII

ANOVA de Flavonoides de la pituca morada y blanca.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	475,26	1	475,26	246,79	0,0001
Intra grupos	7,7032	4	1,9258		
Total (Corr.)	482,963	5			

A-XXXVIII

Prueba de Tukey para Flavonoides de la pituca morada y blanca.

VARIEDADES	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Blanco	3	45,95	a
Morado	3	63,75	b

A-XXXIX

ANOVA multifactorial del %Humedad de la harina precocida de pituca morada y blanca.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PPAL					
A: Variedad	0,611204	1	0,611204	312,77	0,0000
B: Humedad	43,9987	3	14,6662	7505,11	0,0000
INTERACCIONES					
AB	5,03138	3	1,67713	858,23	0,0000
RESIDUOS	0,0312667	16	0,00195417		
Total (Corr.)	49,6726	23			

A-XL

Prueba de Tukey %Humedad por Variedad de la harina precocida de pituca morada y blanca.

Variedades	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Blanco	12	8,30417	0,0127612	a
Morado	12	8,62333	0,0127612	b

A-XLI

Prueba de Tukey %Humedad final por Humedades de extrusión de la harina precocida de pituca morada y blanca.

Humedades	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
15%	6	6,76167	0,018047	a
20%	6	7,535	0,018047	b
25%	6	9,54167	0,018047	c
30%	6	10,0167	0,018047	d

A-XLII

ANOVA multifactorial del pH de la harina precocida de pituca morada y blanca.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PPAL					
A:Variedad	0,000704167	1	0,000704167	21,13	0,0003
B:Humedad	0,689413	3	0,229804	6894,13	0,0000
INTERACCIONES					
AB	0,236946	3	0,0789819	2369,46	0,0000
RESIDUOS	0,000533333	16	0,0000333333		
TOTAL (CORREGIDO)	0,927596	23			

A-XLIII

Prueba de Tukey para pH por Variedad de la harina precocida de pituca morada y blanca.

Variedades	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Morado	12	6,49667	0,00166667	a
Blanco	12	6,5075	0,00166667	b

A-XLIV

Prueba de Tukey para pH por Humedades de extrusión de la harina precocida de pituca morada y blanca.

Humedades	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
20%	6	6,335	0,00235702	a
15%	6	6,43333	0,00235702	b
25%	6	6,455	0,00235702	c
30%	6	6,785	0,00235702	d

A-XLV

ANOVA multifactorial del %Acidez titulable de la harina precocida de pituca morada y blanca.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PPAL					
A: Variedad	0,0852042	1	0,0852042	2556,13	0,0000
B: Humedad	0,0503792	3	0,0167931	503,79	0,0000
INTERACCIONES					
AB	0,0455792	3	0,0151931	455,79	0,0000
RESIDUOS	0,000533333	16	0,0000333333	2556,13	
Total (Corr.)	0,181696	23			

A-XLVI

Prueba de Tukey para %Ac. titulable por Variedad de la harina precocida de pituca morada y blanca.

Variedades	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Morado	12	0,250833	0,00166667	a
Blanco	12	0,37	0,00166667	b

A-XLVII

Prueba de Tukey para %Ac. titulable por Humedades de la harina precocida de pituca morada y blanca.

Humedades	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
30%	6	0,238333	0,00235702	a
20%	6	0,313333	0,00235702	b
25%	6	0,325	0,00235702	c
15%	6	0,365	0,00235702	d

A-XLVIII

ANOVA multifactorial para %Grasa de la harina precocida de pituca morada y blanca

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PPAL					
A: Variedad	0,22815	1	0,22815	*****	0,0000
B: Humedad	0,0453	3	0,0151	*****	0,0000
INTERACCIONES					
AB	0,01095	3	0,00365	*****	0,0000
RESIDUOS	0,0	16	0,0		
Total (Corr.)	0,2844	23			

A-XLIX

Prueba de Tukey para %Grasa por Variedad de la harina precocida de pituca morada y blanca.

Variedades	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Morado	12	0,2675	5,24946E-10	a
Blanco	12	0,4625	5,24946E-10	b

A-L

Prueba de Tukey para %Grasa por Humedades de extrusión de la harina precocida de pituca morada y blanca.

Humedades	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
20%	6	0,32	7,42385E-10	a
30%	6	0,325	7,42385E-10	b
25%	6	0,395	7,42385E-10	c
15%	6	0,42	7,42385E-10	d

A-LI

ANOVA multifactorial del %Fibra de la harina precocida de pituca morada y blanca.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PPAL					
A: Variedad	0,766837	1	0,766837	46010,25	0,0000
B: Humedad	0,00847917	3	0,00282639	169,58	0,0000
INTERACCIONES					
AB	0,0019125	3	0,0006375	38,25	0,0000
RESIDUOS	0,000266667	16	0,0000166667		
Total (Corr.)	0,777496	23			

A-LII

Prueba de Tukey %Fibra por Variedad de la harina precocida de pituca morada y blanca.

Variedades	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Morado	12	1,08833	0,00117851	a
Blanco	12	1,44583	0,00117851	b

A-LIII

Prueba de Tukey para %Fibra por Humedades de extrusión de la harina precocida de pituca morada y blanca.

Humedades	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
20%	6	1,24667	0,00166667	a
30%	6	1,25	0,00166667	a
25%	6	1,285	0,00166667	b
15%	6	1,28667	0,00166667	b

A-LIV

ANOVA multifactorial del % Proteína de la harina precocida de pituca morada y blanca.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PPAL					
A: Variedad	65,0532	1	65,0532	7729094,90	0,0000
B: Humedad	1,42756	3	0,475852	56536,93	0,0000
INTERACCIONES					
AB	0,670759	3	0,223586	26564,73	0,0000
RESIDUOS	0,000134667	16	0,00000841667		
Total (Corr.)	67,1517	23			

A-LV

Prueba de Tukey para %Proteína por Variedad de la harina precocida de pituca morada y blanca.

Variedades	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Morado	12	4,00467	0,00083749	a
Blanco	12	7,29742	0,00083749	b

A-LVI

Prueba de Tukey para %Proteína por Humedades de la harina precocida de pituca morada y blanca.

Humedades	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
30%	6	5,36517	0,00118439	a
20%	6	5,486	0,00118439	b
25%	6	5,75967	0,00118439	c
15%	6	5,99333	0,00118439	d

A-LVII

ANOVA multifactorial del %Ceniza de la harina precocida de pituca morada y blanca.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PPAL					
A: Variedad	1,51002	1	1,51002	172,90	0,0000
B: Humedad	0,200183	3	0,0667278	7,64	0,0022
INTERACCIONES					
AB	0,0247167	3	0,00823889	0,94	0,4429
RESIDUOS	0,139733	16	0,00873333		
Total (Corr.)	1,87465	23			

A-LVIII

Prueba de Tukey para %Ceniza por Variedad de la harina precocida de pituca morada y blanca.

Variedades	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Morado	12	3,51167	0,0269774	a
Blanco	12	4,01333	0,0269774	b

A-LIX

Prueba de Tukey para %Ceniza por Humedades de extrusión de la harina precocida de pituca morada y blanca.

Humedades	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
15%	6	3,63167	0,0381517	a
20%	6	3,725	0,0381517	ab
25%	6	3,82833	0,0381517	b
30%	6	3,865	0,0381517	b

A-LX

ANOVA multifactorial del IAA de la harina precocida de pituca morada y blanca.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PPAL					
A: Variedad	1,67924	1	1,67924	64,14	0,0000
B: Humedad	7,45406	3	2,48469	94,91	0,0022
INTERACCIONES					
AB	2,34158	3	0,780528	29,81	0,0000
RESIDUOS	0,418885	16	0,0261803		
Total (Corr.)	11,8938	23			

A-LXI

Prueba de Tukey para IAA por Variedad de la harina precocida de pituca morada y blanca.

Variedades	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Morado	12	2,29134	0,0467086	a
Blanco	12	2,82037	0,0467086	b

A-LXII

Prueba de Tukey para IAA por Humedades de extrusión de la harina precocida de pituca morada y blanca.

Humedades	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
15%	6	1,67104	0,0660559	a
20%	6	2,60246	0,0660559	b
30%	6	2,74477	0,0660559	b
25%	6	3,20514	0,0660559	c

A-LXIII

ANOVA multifactorial del %ISA de la harina precocida de pituca morada y blanca.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PPAL					
A: Variedad	209,089	1	209,089	38,44	0,0000
B: Humedad	2637,41	3	879,137	161,61	0,0022
INTERACCIONES					
AB	57,6889	3	19,2296	3,53	0,00389
RESIDUOS	87,0376	16	5,43985		
Total (Corr.)	2991,23	23			

A-LXIV

Prueba de Tukey para %ISA por Variedad de la harina precocida de pituca morada y blanca.

Variedades	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Blanco	12	53,5423	0,673291	a
Morado	12	59,4455	0,673291	b

A-LXV

Prueba de Tukey para %ISA por Humedades de extrusión de la harina precocida de pituca morada y blanca.

Humedades	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
30%	6	41,5478	0,952178	a
25%	6	52,7798	0,952178	b
20%	6	62,0631	0,952178	c
15%	6	69,5848	0,952178	d

A-LXVI

ANOVA multifactorial de la To de la harina precocida de pituca morada y blanca.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PPAL					
A: Variedad	2,26812	1	2,26812	0,73	0,4064
B: Humedad	122,81	3	40,9368	13,13	0,0001
INTERACCIONES					
AB	98,8446	3	32,9482	10,56	0,0004
RESIDUOS	49,9013	16	3,11883		
Total (Corr.)	273,825	23			

A-LXVII

Prueba de Tukey para To por variedad de la harina precocida de pituca morada y blanca.

Variedades	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Morado	12	78,7581	0,509807	a
Blanco	12	79,3729	0,509807	a

A-LXVIII

Prueba de Tukey para To por Humedades de extrusión de la harina precocida de pituca morada y blanca.

Humedades	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
30%	6	76,628	0,720975	a
25%	6	77,48	0,720975	ab
15%	6	79,6768	0,720975	bc
20%	6	82,4772	0,720975	c

A-LXIX

ANOVA multifactorial de la Tp de la harina precocida de pituca morada y blanca.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PPAL					
A: Variedad	1,52107	1	1,52107	1,17	0,2950
B: Humedad	121,708	3	40,5695	31,26	0,0000
INTERACCIONES					
AB	141,161	3	47,0538	36,26	0,0000
RESIDUOS	20,7654	16	1,29784		
Total (Corr.)	285,156	23			

A-LXX

Prueba de Tukey para Tp por Variedad de la harina precocida de pituca morada y blanca.

Variedades	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Morado	12	83,9556	0,328866	a
Blanco	12	84,4591	0,328866	a

A-LXXI

Prueba de Tukey para Tp por Humedades de extrusión de la harina precocida de pituca morada y blanca.

Humedades	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
30 %	6	81,8405	0,465087	a
25 %	6	82,9505	0,465087	ab
15 %	6	84,2112	0,465087	b
20 %	6	87,8272	0,465087	c

A-LXXII

ANOVA multifactorial de la Tf de la harina precocida de pituca morada y blanca.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PPAL					
A:Variedad	0,144305	1	0,144305	0,07	0,7991
B: Humedad	83,0693	3	27,6898	12,86	0,0002
INTERACCIONES					
AB	155,465	3	51,8217	24,06	0,0000
RESIDUOS	34,4617	16	2,15385		
Total (Corr.)	273,14	23			

A-LXXIII

Prueba de Tukey para Tf por Variedad de la harina precocida de pituca morada y blanca.

Variedades	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Morado	12	89,2088	0,42366	a
Blanco	12	89,3638	0,42366	a

A-LXXIV

Prueba de Tukey para Tf por Humedades de extrusión de la harina precocida de pituca morada y blanca.

Humedades	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
30 %	6	88,1017	0,599146	a
25 %	6	88,1513	0,599146	a
15 %	6	88,389	0,599146	a
20 %	6	92,5032	0,599146	b

A-LXXV

ANOVA multifactorial de la Δ Hgel de la harina precocida de pituca morada y blanca.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PPAL					
A:Variedad	2,39528	1	2,39528	10,03	0,0060
B:Humedad	8,98383	3	2,99461	12,55	0,0002
INTERACCIONES					
AB	4,1146	3	1,37153	5,75	0,0073
RESIDUOS	3,81927	16	0,238704		
Total (Corr.)	19,313	23			

A-LXXVI

Prueba de Tukey para ΔH_{gel} por Variedad de la harina precocida de pituca morada y blanca.

Variedades	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Blanco	12	2,1698	0,141039	a
Morado	12	2,8017	0,141039	b

A-LXXVII

Prueba de Tukey para ΔH_{gel} por Humedades de extrusión de la harina precocida de pituca morada y blanca.

Humedades	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
15 %	6	1,49217	0,199459	a
20 %	6	2,49617	0,199459	b
25 %	6	2,86183	0,199459	b
30 %	6	3,09283	0,199459	b

A-LXXVIII

ANOVA multifactorial de Polifenoles de la harina precocida de pituca morada y blanca.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PPAL					
A: Variedad	52556,4	1	52556,4	273,83	0,0000
B: Humedad	40102,9	3	13367,6	69,65	0,0000
INTERACCIONES					
AB	24069,6	3	8023,2	41,80	0,0000
RESIDUOS	3070,89	16	191,931		
Total (Corr.)	119800,	23			

A-LXXIX

Prueba de Tukey para Polifenoles por Variedad de la harina precocida de pituca morada y blanca.

Variedades	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Blanco	12	231,8	3,99928	a
Morado	12	325,392	3,99928	b

A-LXXX

Prueba de Tukey para polifenoles por Humedades de extrusión de la harina precocida de pituca morada y blanca.

Humedades	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
30 %	6	212,617	5,65584	a
20 %	6	285,167	5,65584	b
25 %	6	292,133	5,65584	b
15 %	6	324,467	5,65584	c

A-LXXXI

ANOVA multifactorial de Flavonoides de la harina precocida de pituca morada y blanca.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PPAL					
A: Variedad	30411,7	1	30411,7	2497,27	0,0000
B: Humedad	131,932	3	43,9772	3,61	0,0365
INTERACCIONES					
AB	82,0658	3	27,3553	2,25	0,1223
RESIDUOS	194,847	16	12,1779		
Total (Corr.)	30820,5	23			

A-LXXXII

Prueba de Tukey para Flavonoides por Variedad de la harina precocida de pituca morada y blanca.

Variedades	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Blanco	12	67,6408	1,00739	a
Morado	12	138,835	1,00739	b

A-LXXXIII

Prueba de Tukey para Flavonoides por Humedades de extrusión de la harina precocida de pituca morada y blanca.

Humedades	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
25 %	6	212,617	5,65584	a
30 %	6	285,167	5,65584	a
20 %	6	292,133	5,65584	a
15 %	6	324,467	5,65584	a

A-LXXXIV

ANOVA multifactorial de la actividad antioxidante por DPPH de la harina precocida de pituca morada y blanca.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PPAL					
A: Variedad	33,9388	1	33,9388	1046,15	0,0000
B: Humedad	67,4214	3	22,4738	692,74	0,0000
INTERACCIONES					
AB	1,83755	3	0,612517	18,88	0,0000
RESIDUOS	0,519067	16	0,0324417		
Total (Corr.)	103,717	23			

A-LXXXV

Prueba de Tukey para la actividad antioxidante por DPPH por Variedad de la harina precocida de pituca morada y blanca.

Variedades	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Blanco	12	5,24	0,0519949	a
Morado	12	7,61833	0,0519949	b

A-LXXXVI

Prueba de Tukey para actividad antioxidante por DPPH por Humedades de extrusión de la harina precocida de pituca morada y blanca.

Humedades	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
30 %	6	3,855	0,0735319	a
25 %	6	6,1	0,0735319	b
20 %	6	7,50167	0,0735319	c
15 %	6	8,26	0,0735319	d

A-LXXXVII

ANOVA multifactorial de la actividad antioxidante por ABTS de la harina precocida de pituca morada y blanca.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PPAL					
A: Variedad	1676,35	1	1676,35	193,33	0,0000
B: Humedad	2931,04	3	977,012	112,67	0,0000
INTERACCIONES					
AB	742,839	3	247,613	28,56	0,0000
RESIDUOS	138,738	16	8,67113		
Total (Corr.)	5488,96	23			

A-LXXXVIII

Prueba de Tukey para actividad antioxidante por ABTS por Variedad de la harina precocida de pituca morada y blanca.

Variedades	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Blanco	12	5,24	0,0519949	a
Morado	12	7,61833	0,0519949	b

A-LXXXIX

Prueba de Tukey para actividad antioxidante por ABTS por Humedades de la harina precocida de pituca morada y blanca.

Humedades	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
30 %	6	26,6967	1,20216	a
25 %	6	40,8133	1,20216	b
20 %	6	46,86	1,20216	c
15 %	6	57,25	1,20216	d

A-XC

Fotos de los análisis a las muestras



Pituca morada y blanca



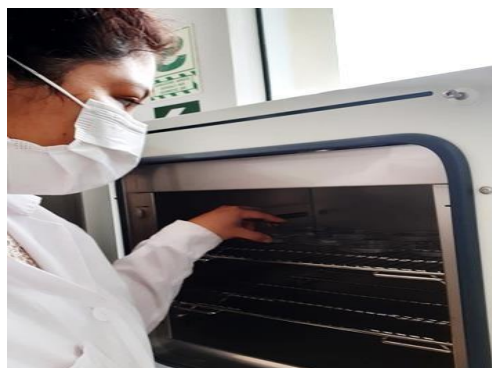
Extrusión



Extruidos



Harina precocida



%Humedad



%Ceniza



pH



%Acidez titulable



%Grasa



ISA y IAA