

UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ MARÍA ARGUEDAS
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



Presentado por:

Bach. LUIS ALBERT QUISPE VÁSQUEZ

Bach. BLADIMIR LEGUÍA ALTAMIRANO

EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO TÉRMICO, PROPIEDADES TECNOLÓGICAS, COMPUESTOS BIOACTIVOS Y ANÁLISIS PROXIMAL DE HARINAS OBTENIDAS DE KIWICHA (*Amaranthus caudatus*) DE TRES VARIEDADES PRODUCIDAS EN ANDAHUAYLAS

Asesor:

Ing. Mg. FREDY TAIPE PARDO

Co-Asesor:

Ing. Mg. JIMMY ARONI HUAMÁN

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL

ANDAHUAYLAS-APURÍMAC-PERÚ

2024



APROBACION DEL ASESOR

Quien suscribe.
Mtro. FREDY TAIPE PARDO
Por la presente.

CERTIFICA,

Que, los bachilleres en Ingeniería Agroindustrial **Luis Albert Quispe Vásquez, Bladimir Leguía Altamirano** han culminado satisfactoriamente el informe final de tesis intitulado: "EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO TÉRMICO, PROPIEDADES TECNOFUNCIONALES, COMPUESTOS BIOACTIVOS Y ANÁLISIS PROXIMAL DE HARINAS OBTENIDAS DE KIWICHA (*Amaranthus caudatus*) DE TRES VARIEDADES PRODUCIDAS EN ANDAHUAYLAS" para optar el título profesional de Ingenieros Agroindustriales.

Andahuaylas, 17 de septiembre del 2024

Mtro. Fredy Taipe Pardo,
Asesor

Bach. Bladimir Leguía Altamirano,
Tesista

Bach. Luis Albert Quispe Vásquez,
Tesista



APROBACION D EL CO-ASESOR

Quien suscribe.
Mg. JIMMY ARONI HUAMÁN
Por la presente.

CERTIFICA,

Que, los bachilleres en Ingeniería Agroindustrial **Luis Albert Quispe Vásquez, Bladimir Leguía Altamirano** han culminado satisfactoriamente el informe final de tesis intitulado: "EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO TÉRMICO, PROPIEDADES TECNOFUNCIONALES, COMPUESTOS BIOACTIVOS Y ANÁLISIS PROXIMAL DE HARINAS OBTENIDAS DE KIWICHA (*Amaranthus caudatus*) DE TRES VARIETADES PRODUCIDAS EN ANDAHUAYLAS" para optar el título profesional de Ingenieros Agroindustriales.

Andahuaylas, 17 de septiembre del 2024



Firmado digitalmente por:
ARONI HUAMAN Jimmy FIR
48149870 hard
Motivo: En señal de
conformidad
Fecha: 01/12/2024 10:42:03-0500

Mg. Jimmy Aroni Huamán,
Co-Asesor

Bach. Bladimir Leguía Altamirano,
Tesista

Bach. Luis Albert Quispe Vásquez,
Tesista



**UNIVERSIDAD NACIONAL
JOSÉ MARÍA ARGUEDAS**

Licenciada por la Sunedu

**ACTA DE SUSTENTACIÓN
DE TESIS**

En la Av. 28 de julio N° 1103 del Local Académico SL02 (Santa Rosa) en el Auditorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional José María Arguedas ubicado en el distrito de Talavera de la Reyna de la Provincia de Andahuaylas, siendo las 08:00 horas del día viernes 08 de noviembre de 2024, se reunieron los docentes: Dr. David Juan Ramos Huallpartupa, Ing. Gina Genoveva Toro Rodriguez, Mg. Ronald Pérez Salcedo, en condición de integrantes del Jurado Evaluador del Informe Final de Tesis intitulado: **“EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO TÉRMICO, PROPIEDADES TECNOFUNCIONALES, COMPUESTOS BIOACTIVOS Y ANÁLISIS PROXIMAL DE HARINAS OBTENIDAS DE KIWICHA (*Amaranthus caudatus*) DE TRES VARIETADES PRODUCIDAS EN ANDAHUAYLAS”** cuyos autores son los Bachilleres en Ingeniería Agroindustrial **LUIS ALBERT QUISPE VÁSQUEZ** y **BLADIMIR LEGUÍA ALTAMIRANO**, el asesor Mtro. Fredy Taipe Pardo y co-asesor Mg. Jimmy Aroni Huaman, con el propósito de proceder a la sustentación y defensa de dicha tesis.

Luego de la sustentación y defensa de la tesis, el Jurado Evaluador **ACORDÓ: APROBAR** por **UNANIMIDAD** a los Bachilleres en Ingeniería Agroindustrial **LUIS ALBERT QUISPE VÁSQUEZ** y **BLADIMIR LEGUÍA ALTAMIRANO**, obteniendo la siguiente calificación y mención:

Nota escala vigesimal		Mención
Números	Letras	
14	CATORCE	BUENO

En señal de conformidad, se procedió a la firma de la presente acta en 03 ejemplares.


.....
Dr. David Juan Ramos Huallpartupa
Presidente del Jurado Evaluador


.....
Ing. Gina Genoveva Toro Rodriguez
Primer Miembro del Jurado Evaluador


.....
Mg. Ronald Pérez Salcedo
Segundo Miembro del Jurado Evaluador





APROBACION DEL JURADO EVALUADOR

La tesis “EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO TÉRMICO, PROPIEDADES TECNOLÓGICAS, COMPUESTOS BIOACTIVOS Y ANÁLISIS PROXIMAL DE HARINAS OBTENIDAS DE KIWIKA (*Amaranthus caudatus*) DE TRES VARIETADES PRODUCIDAS EN ANDAHUAYLAS” para optar el título profesional de Ingeniero Agroindustrial, ha sido evaluado por el jurado dictaminador conformado por:

Presidente: Dr. David Juan Ramos Huallpartupa

Primer miembro: Ing. Gina Genoveva Toro Rodriguez

Segundo miembro: Mg. Ronald Pérez Salcedo

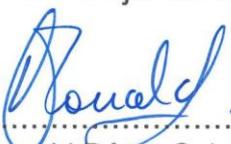
Habiendo sido aprobado por unanimidad, en la ciudad de Talavera el día 08 de noviembre del 2024.

Andahuaylas, 28 de noviembre del 2024

Atentamente,


.....
Dr. David Juan Ramos Huallpartupa
Presidente del jurado evaluador


.....
Ing. Gina Genoveva Toro Rodriguez
Primer miembro del jurado evaluador


.....
Mg. Ronald Pérez Salcedo
Segundo miembro del jurado evaluador



INFORME DE ORIGINALIDAD

El que suscribe asesor del trabajo de investigación/tesis, titulada **“EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO TÉRMICO, PROPIEDADES TECNOFUNCIONALES, COMPUESTOS BIOACTIVOS Y ANÁLISIS PROXIMAL DE HARINAS OBTENIDAS DE KIWICHA (*Amaranthus caudatus*) DE TRES VARIEDADES PRODUCIDAS EN ANDAHUAYLAS”** presentado por los bachilleres **Luis Albert Quispe Vásquez**, con DNI N° **70587424** y **Bladimir Leguía Altamirano**, con DNI N° **74599918**, de la Escuela Profesional de **Ingeniería Agroindustrial**, para optar el título profesional de **Ingenieros Agroindustriales**.

Informo que el documento ha sido sometido a revisión de originalidad, utilizando el software de control de similitud y detección de plagio Turniting, conforme al reglamento vigente, verificándose un porcentaje de **10 % de similitud general**.

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto el reporte de software firmado.

Andahuaylas, 29 de noviembre del 2024

.....
Mtro. Fredy Taipe Pardo
Asesor de tesis
DNI N°: 31180941
ORCID: [0000-0002-8234-7643](https://orcid.org/0000-0002-8234-7643)



INFORME DE ORIGINALIDAD

El que suscribe Co-asesor del trabajo de investigación/tesis, titulada **“EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO TÉRMICO, PROPIEDADES TECNOLÓGICAS, COMPUESTOS BIOACTIVOS Y ANÁLISIS PROXIMAL DE HARINAS OBTENIDAS DE KIWICHA (*Amaranthus caudatus*) DE TRES VARIETADES PRODUCIDAS EN ANDAHUAYLAS”** presentado por los bachilleres **Luis Albert Quispe Vásquez**, con DNI N° **70587424** y **Bladimir Leguía Altamirano**, con DNI N° **74599918**, de la Escuela Profesional de **Ingeniería Agroindustrial**, para optar el título profesional de **Ingeniero Agroindustrial**.

Informo que el documento ha sido sometido a revisión de originalidad, utilizando el software de control de similitud y detección de plagio Turniting, conforme al reglamento vigente, verificándose un porcentaje de **10 % de similitud general**.

Por tanto, en mi condición de Co-asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto el reporte de software firmado.

Andahuaylas, 29 de noviembre del 2024



Firmado digitalmente por:
ARONI HUAMÁN Jimmy FIR
46149870 hard
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 01/12/2024 10:41:38-0500

Mg. Jimmy Aroni Huamán
Co-Asesor de tesis
DNI N°: 46149870
ORCID: [0000-0003-2756-6904](https://orcid.org/0000-0003-2756-6904)

Se adjunta:

1. Reporte firmado, generado por el software



Universidad Nacional José María Arguedas

Identidad y Excelencia para el Trabajo Productivo y el Desarrollo

Unidad de Investigación de la Facultad Ingeniería
C031-2024

Andahuaylas, 04 de diciembre de 2024

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería, expide la:

Constancia

De porcentaje de similitud (10%) según el software Turnitin, al informe final de investigación: Evaluación del comportamiento térmico, propiedades tecnofuncionales, compuestos bioactivos y análisis proximal de harinas obtenidas de kiwicha (*Amaranthus caudatus*) de tres variedades producidas en Andahuaylas. Presentado por el **Bach. Bladimir Leguía Altamirano** cuyo Asesor es el Mtro. Fredy Taípe Pardo y coasesor el Mg. Jimmy Aroni Huamán.

.....
Dra. María del Carmen Delgado Laime
Presidente de la Unidad de Investigación de la
Facultad de Ingeniería

.....
M.Sc. Fidelia Tapia Tadeo
Miembro de la
Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería

.....
Mtro. Richard Carrión Abollaneda
Miembro de la
Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería

C.c
Archivo.

Bladimir-Luis LEGUIA-QUISPE

EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO TÉRMICO, PROPIEDADES TECNOFUNCIONALES, COMPUESTOS BIOACTI...

-  My Files
-  My Files
-  Universidad Nacional José María Arguedas

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid::18497:410341701

140 Páginas

Fecha de entrega
28 nov 2024, 4:59 p.m. GMT-5

30,312 Palabras

Fecha de descarga
28 nov 2024, 5:04 p.m. GMT-5

168,908 Caracteres

Nombre de archivo
LEGUIA-QUISPE- INFORME FINAL-NOVIEMBRE-2024.docx

Tamaño de archivo
7.3 MB

UNIVERSIDAD NACIONAL
JOSÉ MARÍA ARGUEDAS
Ing. Fredy Raúl Pardo
DOCENTE
31180941

LA Q. V.
70587424
LUIS ALBERT QUISPE VÁSQUEZ

74599918
Bladimir Leguía Alzamirano



Firmado digitalmente por:
ARONI HUAMAN Jimmy FIR
46140870 hard
Motivo: En señal de
conformidad
Fecha: 01/12/2024 10:29:41-0500

10% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 15 palabras)

Fuentes principales

- 10% Fuentes de Internet
- 1% Publicaciones
- 0% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión

- Caracteres reemplazados**
116 caracteres sospechosos en N.º de páginas
Las letras son intercambiadas por caracteres similares de otro alfabeto.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

UNIVERSIDAD NACIONAL
JOSÉ MARÍA ARGÜEDAS
Freddy Pardo
ING. DOCENTE
31185941

Luis Albert Quispe Vásquez
70587424

Vladimir Leguía Alzamirano
74599918



Firmado digitalmente por:
ARONI HUAMAN Jimmy FIR
48140870 hard
Motivo: En señal de conformidad
Fecha: 01/12/2024 10:32:02-0500

Fuentes principales

- 10% Fuentes de Internet
- 1% Publicaciones
- 0% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Internet	repositorio.unajma.edu.pe	4%
2	Internet	hdl.handle.net	1%
3	Internet	vdocumento.com	0%
4	Internet	repositorio.unamba.edu.pe	0%
5	Internet	www.slideshare.net	0%
6	Internet	repositorio.una.edu.ni	0%
7	Internet	repositorio.xoc.uam.mx	0%
8	Internet	www.scielo.cl	0%
9	Internet	repositorio.uap.edu.pe	0%
10	Internet	docplayer.es	0%
11	Internet	www.coursehero.com	0%

74599918
Bladimir Leguía Alvarado
1/20
Juan Luis Quiroz
70587424
LUIS ALBERT QUISPEVAÑEZ

INSTITUTO NACIONAL
JOSE MARIA ARGUEDAS
Fredy Pardo
DOCENTE
31185941



Firmado digitalmente por:
ARONI HUAMAN Jimmy FIR
48140870 hard
Motivo: En señal de conformidad
Fecha: 01/12/2024 10:32:20-0500

12	Internet	docslide.us	0%
13	Internet	core.ac.uk	0%
14	Internet	eprints.uanl.mx	0%
15	Internet	prezi.com	0%
16	Internet	repositorio.unap.edu.pe	0%
17	Internet	repositorio.unsaac.edu.pe	0%
18	Internet	www.scielo.br	0%
19	Internet	orcid.org	0%
20	Internet	www.informacion.es	0%
21	Internet	revistas.sqperu.org.pe	0%
22	Internet	repositorio.unan.edu.ni	0%
23	Internet	repositorio.upla.edu.pe	0%
24	Internet	www.buenastareas.com	0%
25	Internet	documents.mx	0%

[Handwritten signature]
74599918
Gladimir Leguía A. Uamirano

[Handwritten signature]
70587424
LUIS ALBERTO QUISPE VÁSQUEZ

[Handwritten signature]
REPUBLICA NACIONAL
JOSE MARIA ARGÜEZ
Presidente Pardo
31180941



Firmado digitalmente por:
ARONI HUAMAN Jimmy FIR
40140870 hard
Motivo: En señal de conformidad
Fecha: 01/12/2024 10:33:18-0500

26	Internet	repositorio.lamolina.edu.pe	0%
27	Internet	repository.udistrital.edu.co	0%
28	Internet	transparencia.paulista.pe.gov.br	0%
29	Internet	repositorio.uncp.edu.pe	0%
30	Internet	publicaciones.eafit.edu.co	0%
31	Internet	zdocs.mx	0%
32	Internet	ri.uaemex.mx	0%
33	Publicación	Elsa Beatriz Fonseca-Santanilla, Liliana Lucía Betancourt-López. "Physicochemical...	0%
34	Internet	pt.scribd.com	0%
35	Internet	repositorio.unheval.edu.pe	0%
36	Internet	repositorio.ute.edu.ec	0%
37	Publicación	Virginia Monserrate López Zambrano, Alex Alberto Dueñas Rivadeneira, José Ger...	0%
38	Internet	cdigital.uv.mx	0%
39	Internet	cybertesis.unmsm.edu.pe	0%

[Handwritten signature]
74599918
Bladimir Leguía Alvarado

[Handwritten signature]
70587424
LUIS ALBERT QUISPE VÁSQUEZ

[Handwritten signature]
31180941
JOSÉ MANUEL ARGUEDAS
Pardo



40	Internet	www.dieteticaferrer.com	0%
41	Publicación	YASNA PAMELA SEGURA SIERPE. "Reutilización de residuos de construcción en la f...	0%
42	Internet	repository.uamerica.edu.co	0%
43	Internet	www.andinoindustrias.com	0%
44	Internet	vdocuments.pub	0%
45	Internet	www.researchgate.net	0%
46	Internet	repositoriodigital.ipn.mx	0%
47	Internet	www.hisour.com	0%
48	Internet	www.scribd.com	0%

UNIVERSIDAD NACIONAL
JOSE MARIA ARGUEDAS
Freddy Jaime Pardo
31180941

J. A. Q. V.
70587424
LUIS ALBERT QUISPE VÁSQUEZ
FIRMA DIGITAL
Firmado digitalmente por:
ARONI HUAMAN Jimmy FIR
46149870 hard
Motivo: En señal de conformidad
Fecha: 01/12/2024 10:34:18-0500

Bladimir Leguía Altamirano
74599918

Dedicatorias

Dedico este trabajo de investigación a Dios, quien me ha brindado fuerza y fortaleza. También quiero reconocer a mi familia, que ha sido mi principal apoyo a lo largo de todos estos años. Me alentaron y me respaldaron en los momentos más difíciles de mi vida, especialmente a mi madre, Dolores. Gracias a ellos, logre uno de mis mayores sueños.

Luis Albert Quispe Vásquez

A Dios, le agradezco por bendecirme día a día con su amor y guía. A mis padres, les estoy profundamente agradecido por brindarme su apoyo, paciencia y comprensión durante las largas horas de estudio que he dedicado a mi formación académica. Su apoyo constante a lo largo de mi vida, su sacrificio y dedicación han sido mi principal fuente de inspiración para alcanzar mis objetivos.

Bladimir Leguía Altamirano

Agradecimiento

A nuestros padres, quienes nos dieron la vida y fueron una fuente de inspiración, nos educaron sabiamente y nos brindaron su apoyo incondicional. A nuestros hermanos y hermanas, quienes nos motivaron a ser mejores.

Agradecemos a la Universidad Nacional José María Arguedas y, particularmente, a la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial (EPIA) por su cálida acogida y por ofrecernos la posibilidad de desarrollarnos profesionalmente. También extendemos nuestro reconocimiento a los profesores de esta institución por su generosa entrega de conocimientos y experiencia.

A nuestros asesores Ing. Mg. Fredy Taipe Pardo e Ing. Mg. Jimmy Aroni Huamán, por sus valiosos aportes, sugerencias, apoyo y enseñanzas que fueron fundamentales para desarrollar de la mejor manera el proyecto de investigación.

A los jurados, Dr. David Juan Ramos Huallpartupa, Ing. Gina Genoveva Toro Rodriguez e Mg. Ronald Pérez Salcedo, gracias a sus recomendaciones y correcciones contribuyeron para la mejora de esta investigación.

Al Ing. Jhoel Flores Alvarez, especialista en el manejo de diferentes equipos y encargado del Laboratorio de Investigación Agroindustrial (LIA), quien nos dio toda la facilidad y nos orientó de la mejor manera durante las corridas experimentales, estamos infinitamente agradecidos por su comprensión y apoyo incondicional.

A nuestros compañeros y docentes de laboratorio que nos alentaron y nos demostraron su apoyo.

ÍNDICE GENERAL

Resumen.....	24
Abstract.....	25
Chumasqa.....	26
INTRODUCCIÓN.....	27
CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	28
1.1. Situación Problemática.....	28
1.2. Formulación del problema.....	29
1.2.1. Problema general.....	29
1.2.2. Problemas específicos.....	29
1.3. Justificación de la investigación.....	30
1.4. Objetivos de la investigación.....	32
1.4.1. Objetivo general.....	32
1.4.2. Objetivos específicos.....	32
1.5. Formulación de hipótesis.....	32
1.5.1. Hipótesis general.....	32
1.5.2. Hipótesis específicas.....	32
CAPÍTULO II: ANTECEDENTES.....	34
2.1. Antecedentes internacionales.....	34
2.2. Antecedentes nacionales.....	39
2.3. Antecedentes locales.....	41
CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO.....	43
3.1. Bases teóricas.....	43
3.1.1. Kiwicha (<i>Amaranthus caudatus</i>).....	43
3.1.2. Clasificación taxonómica de la Kiwicha.....	43
3.1.3. Descripción de la Planta.....	44

3.1.4. Morfología, tamaño y color de Kiwicha.....	44
3.1.5. Valor nutricional de Kiwicha (<i>Amaranthus caudatus</i>)	45
3.1.6. Variedades y/o ecotipos de kiwicha	45
3.1.7. La producción de Kiwicha en Perú	46
3.1.8. Harina de Kiwicha	46
3.1.9. Análisis físico-químico de la harina de Kiwicha	47
3.1.10. Generalidades sobre la harina de Kiwicha	48
3.1.11. Propiedades de la harina de Kiwicha	49
3.1.12. Usos de la harina de Kiwicha en la industria agroalimentaria	49
3.1.13. Importancia del consumo de harina de Kiwicha	50
3.2. Comportamiento térmico	50
3.2.1. Calorímetro Diferencial de Barrido (DSC)	51
3.2.2. Gelatinización.....	52
3.2.3. Calor específico.....	53
3.2.4. Análisis Termogravimetría (TG)	53
3.3. Propiedades tecnofuncionales	54
3.3.1. Solubilidad en agua.....	54
3.3.2. Poder de hinchamiento	54
3.3.3. Capacidad de absorción de agua (CCA).....	55
3.4. Compuestos bioactivos	55
3.4.1. Compuestos fenólicos	55
3.4.2. La capacidad antioxidante.....	56
3.4.3. Flavonoides	58
3.5. Análisis proximal	59
3.5.1. Humedad.....	60
3.5.2. Cenizas	60
3.5.3. Proteínas.....	61

3.5.4. Carbohidratos.....	61
3.5.5. Grasas.....	62
3.5.6. Fibra	62
3.6. Marco conceptual.....	62
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	65
4.1. Lugar de ejecución	65
4.2. Identificación de las variables	65
4.2.1. Variables dependientes e independientes.....	65
4.3. Materiales, instrumentos, equipos y reactivos.....	66
4.3.1. Materiales de laboratorio.....	66
4.3.2. Equipos de laboratorio.	68
4.3.3. Reactivos de laboratorio.....	69
4.4. Población y muestra.....	70
4.4.1. Población	70
4.4.2. Muestra	70
4.4.3. Unidad de análisis	70
4.5. Tipo de investigación.....	70
4.6. Metodología experimental	71
4.6.1. Descripción del proceso de obtención de la harina de Kiwicha.....	71
4.6.2. Diagrama de bloques para la obtención de harina de Kiwicha.....	72
4.7. Método de análisis	73
4.7.1. Determinación del comportamiento térmico de las harinas obtenidas de kiwicha.	73
4.7.2. Determinación de las propiedades tecnofuncionales de las harinas obtenidas de kiwicha.	74
4.7.3. Determinación de compuestos bioactivos de harinas obtenidas de kiwicha.	75
4.7.4. Determinación del análisis proximal de las harinas obtenidas de kiwicha.....	80

4.8. Diseño experimental (variables y pruebas estadísticas)	80
CAPITULO V: RESULTADOS.....	86
5.1. Resultados del comportamiento térmico de las harinas obtenidas de kiwicha..	86
5.1.1. Temperatura de gelatinización	87
5.1.2. Entalpia de gelatinización.....	88
5.1.3. Calor Especifico	88
5.1.4. Temperatura de transición vítrea.....	88
5.1.5. Descomposición térmica.	88
5.2. Resultados de las propiedades tecnofuncionales de las harinas obtenidas de kiwicha.	92
5.2.1. Poder de hinchamiento (PH)	92
5.2.2. Solubilidad en agua (SA).....	92
5.2.3. Capacidad de absorción de agua (CAA)	93
5.3. Resultados de compuestos bioactivos de las harinas obtenidas de kiwicha.	94
5.3.1. Fenoles totales.	94
5.3.2. Capacidad antioxidante.	94
5.3.3. Flavonoides.	95
5.4. Resultados del Análisis proximal de las harinas obtenidas de kiwicha.	96
5.4.1. Contenido de humedad.	96
5.4.2. Contenido de proteínas.	96
5.4.3. Contenido de grasa.	97
5.4.4. Contenido de ceniza.....	97
5.4.5. Contenido de fibra	98
5.4.6 Contenido de carbohidratos.	99
5.5. Diagrama de radar para los resultados evaluados.....	99
CAPITULO VI: DISCUSIÓN	101
6.1. Discusiones sobre comportamiento térmico en harinas obtenidas de kiwicha.	101

6.1.1. Temperatura de gelatinización	101
6.1.2. Entalpia de gelatinización.....	102
6.1.3. Temperatura de transición vítrea.....	102
6.1.4. Calor específico.....	103
6.1.4. Descomposición térmica	104
6.2. Discusiones de las propiedades tecnofuncionales en harinas obtenidas de kiwicha.	105
6.2.1. Poder de hinchamiento (PH)	105
6.2.2. Solubilidad en agua (SA).....	105
6.2.3. Capacidad de absorción de agua (CAA)	106
6.3. Discusiones de compuestos bioactivso en harinas obtenidas de kiwicha.	107
6.3.1. Fenoles totales	107
6.3.2. Capacidad antioxidante	108
6.3.3. Flavonoides	109
6.4. Discusiones del análisis proximal en harinas obtenidas de kiwicha.	109
6.4.1. Humedad.....	109
6.4.2. Proteínas.....	110
6.4.3. Grasa	111
6.4.4. Ceniza	111
6.4.5. Fibra	112
6.4.6. Carbohidratos.....	112
CONCLUSIONES.....	113
RECOMENDACIONES	114
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	115
ANEXOS	126

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Variedades de kiwicha	45
Tabla 2. Análisis físico-químico de harinas de kiwicha	47
Tabla 3. Variables independientes y dependientes	65
Tabla 4. Materiales utilizados en el laboratorio de Investigación Agroindustrial	66
Tabla 5. Equipos utilizados en el laboratorio de Investigación Agroindustrial.....	68
Tabla 6. Reactivos utilizados para la determinación de compuestos bioactivos.....	69
Tabla 7. Diluciones para concentraciones de ácido gálico	75
Tabla 8. Diluciones de Trolox a diferentes concentraciones (metodo DPPH).....	77
Tabla 9. Diluciones de Trolox a diferentes concentraciones (metodo ABTS ⁺).....	78
Tabla 10. Concentraciones para flavonoides.....	79
Tabla 11. Matriz de diseño para comportamiento térmico de las harinas.....	80
Tabla 12. Matriz de diseño para propiedades tecnofuncionales de las harinas.....	81
Tabla 13. Matriz de diseño para compuestos bioactivos de las harinas.....	82
Tabla 14. Matriz de diseño para análisis proximal de las harinas.....	84
Tabla 15. Puntos de DSC obtenidas para harinas obtenidas de Kiwicha	86
Tabla 16. Pérdida de peso y temperatura de descomposición	89
Tabla 17. Pérdida de peso y temperatura de descomposición	89
Tabla 18. Poder de hinchamiento (g agua/g harina)	92
Tabla 19. Solubilidad en agua (%).....	93
Tabla 20. Capacidad de absorción de agua (g agua/g harina)	93
Tabla 21. Fenoles totales de las harinas obtenidas de kiwicha	94
Tabla 22. Capacidad antioxidante de las harinas obtenidas de kiwicha	95
Tabla 23. Flavonoides para harinas obtenidas de kiwicha.....	95
Tabla 24. Porcentaje de humedad en harinas de kiwicha.....	96
Tabla 25. Porcentaje de proteína de las harinas	97
Tabla 26. Porcentaje de grasa en las harinas.....	97
Tabla 27. Porcentaje de ceniza en las harinas	98
Tabla 28. Porcentaje de Fibra en las harinas	98
Tabla 29. Porcentaje de carbohidratos en las harinas	99

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Morfología del grano de kiwicha (<i>Amaranthus caudatus</i>).....	44
Figura 2. Termogramas obtenidas por DSC.....	52
Figura 3. Termograma diferencial y convencional.....	53
Figura 4. Estructura química del radical libre metaestable DPPH.....	57
Figura 5. Reacción química del DPPH en presencia de un antioxidante.....	57
Figura 6. Flavonoides: estructuras básicas y tipos.....	58
Figura 7. Estructura química de la quercetina.....	59
Figura 8. Diagrama de flujo para la obtención de harina de kiwicha.....	72
Figura 9. Termograma DSC de harina obtenida de tres variedades de kiwicha.....	86
Figura 10. Termograma de TGA y DTGA de la harina (centenario).....	89
Figura 11. Termograma de TGA y DTGA de la harina (frondosa).....	90
Figura 12. Termograma de TGA y DTGA de la harina (Oscar blanco).....	90
Figura 13. Diagrama de radar para los resultados evaluados.....	91

Abreviaturas y símbolos

AOAC	: Asociación Científica Dedicada a la Excelencia Analítica.
DCA	: Diseño Completamente al azar.
ANOVA	: Análisis de varianza.
CAA	: Capacidad de absorción de agua.
SA	: Solubilidad en agua.
PH	: Poder de hinchamiento.
H_0	: Hipótesis nula.
H_a	: Hipótesis alterna.
mL	: Mililitros.
μL	: Microlitros.
mg	: Miligramos.
rpm	: Revoluciones por minuto.
g	: Gramos.
kg	: Kilogramos.
V	: Variedad.
%	: Porcentaje.
°C	: Grados Celsius.
GAE	: Equivalente de ácido gálico.
TEAC	: Capacidad Antioxidante Equivalente a Trolox.
ec.	: Ecuación.
KVC	: kiwicha variedad Centenario.
KVF	: kiwicha variedad Frondosa.
KVO	: kiwicha variedad Oscar blanco.

Resumen

La harina es primordial para la elaboración de una amplia variedad de productos en la industria alimentaria. El objetivo del estudio fue la evaluación el comportamiento térmico, las propiedades tecnofuncionales, los compuestos bioactivos y el análisis proximal de harinas obtenidas de Kiwicha (*Amarantus caudatus*) de tres variedades. Para la evaluación del comportamiento térmico se utilizó un Analizador Calorimétrico Diferencial de Barrido (DSC) y un Termogravimétrico (TGA), identificándose mediante termogramas, picos endotérmicos de gelatinización y variaciones en la entalpia, transiciones vítreas superiores a 100 °C, y calores específicos adecuados. La degradación térmica, analizada por DTGA, mostró tres caídas endotérmicas. Las propiedades tecnofuncionales, evaluadas gravimétricamente, indicaron que el poder de hinchamiento, solubilidad en agua y la capacidad de absorción de agua varían en cada variedad. Los compuestos bioactivos se cuantificaron mediante espectrofotometría, mostraron contenidos de fenólicos totales de 80.18 a 103.28 mg GAE/100g, con capacidad antioxidante por DPPH entre 88.98 a 95.05 $\mu\text{mol TE}/100\text{g}$, y por ABTS entre 82.29 a 105.50 $\mu\text{mol TE}/100\text{g}$. Los flavonoides variaron entre 27.64 a 29.52 mg de quercetina/100g. El análisis proximal, se realizó según los métodos AOAC, se encontró que la humedad, proteína, grasa, fibra, ceniza y carbohidratos difieren según la variedad de harina obtenida de kiwicha. Se concluye que la harina de la variedad Centenario resalto en todas las propiedades evaluadas, lo que la hace atractiva para el consumo y uso en la industria alimentaria.

Palabras clave: Análisis proximal, compuestos bioactivos, comportamiento térmico, propiedades tecnofuncionales.

Abstract

Flour is an essential by-product for the production of a wide variety of products. In this study, the thermal behavior, technofunctional properties, bioactive compounds and proximate analysis of flours obtained from Kiwicha (*Amarantus caudatus*) of three varieties are evaluated. A Differential Scanning Calorimetric Analyzer (DSC) and a Thermogravimetric Analyzer (TGA) were used to determine the thermal behavior, identifying by means of thermograms, endothermic peaks of gelatinization and variations in enthalpy, glass transitions higher than 100 °C, and an adequate specific heat. Thermal degradation, analyzed by DTGA, showed three endothermic drops. The technofunctional properties, evaluated gravimetrically, indicate that swelling power, water solubility and water absorption capacity are influenced by temperature and kiwicha flour variety. The bioactive compounds, determined by spectrophotometry, showed total phenolic contents from 80.18 to 103.28 mg GAE/100g, with antioxidant capacity by DPPH between 88.98 and 95.05 $\mu\text{mol TE}/100\text{g}$, and by ABTS between 82.29 to 105.50 $\mu\text{mol TE}/100\text{g}$. Flavonoids ranged from 27.64 to 29.52 mg quercetin/100g. Proximate analysis, performed according to AOAC methods, found that moisture, protein, fat, fiber, ash and carbohydrates differed according to the variety of flour obtained from kiwicha. It is concluded that the flour of the Centenario variety stood out in all the properties evaluated, which makes it attractive for consumption and use in the food industry.

Keywords: Proximate analysis, bioactive compounds, thermal behavior, technofunctional properties.

Chumasqa

Kakuqa ancha allinmi mikhuy industriapi imaymana rurukuna ruwanapap. Kay yachaypiqa chaninchakunmi comportamiento térmico, propiedades tecno-funcionales, compuestos bioactivos y análisis proximal nisqa harinakuna Kiwichamanta (*Amarantus caudatus*) kimsa variedades nisqamanta hurqusqa. Chay comportamiento térmico nisqa yachanapahqa, Analizador Calorimétrico de Escaneo Diferencial (DSC) nisqawan, Analizador Termogravimétrico (TGA) nisqawan ima, termogramas nisqawan riqsichikurqa, picos endotérmicos de gelatinización nisqawan, entalpía nisqapi variaciones nisqawan ima, transiciones de vidrio nisqa 100 °C nisqamanta aswan hatun, chaynallataq allin ruphay específico nisqawan ima. Degradación térmica nisqa, DTGA nisqawan qawarisqa, kimsa gota endotérmica nisqatam qawarichirqa. Chay propiedades tecnofuncionales nisqa, gravimétrica nisqawan chaninchasqa, qawarichinmi punkiy atiy, yakupi chulluy atiy, yaku hapiy atiy ima, chay temperatura nisqawan, chaynallataq kiwicha harinapa imaymana kayninwanpas. Chay compuestos bioactivos nisqakuna, espectrofotometría nisqawan tarisqa, rikuchirqanku tukuyninpi contenido fenólico nisqa 80.18 manta 103.28 mg GAE/100g nisqakama, capacidad antioxidante nisqawan DPPH nisqawan 88.98 manta 95.05 $\mu\text{mol TE}/100\text{g}$ kama, ABTS nisqawantaq 82.29 manta 105.50 $\mu\text{mol TE}/100\text{g}$ kama. Flavonoides nisqakunaqa 27.64 manta 29.52 mg quercetina/100g kamam hukniray karqaku. Chay analisis proximal nisqa, ruwasqa AOAC nisqapa ruwayninkunaman hina, chaypim tarikurqa humedad, proteína, wira, fibra, uspha hinaspa carbohidratos nisqakuna hukniray kasqankuta, kiwichamanta imaymana harina hurqusqaman hina. Centenario variedad nisqanmi allin contenido llapa propiedades evaluadas nisqapi kasqa aswan riqsisqa kasqanmanta, chaymi sumaqlaña mikhuypaq, industria alimentaria nisqapi llamk'anapaq ima.

Sapaq simikuna: Análisis proximal, Comportamiento térmico, compuestos bioactivos, propiedades tecnofuncionales.

INTRODUCCIÓN

La provincia de Andahuaylas destaca por su amplia biodiversidad de flora andina, que proporciona alimentos ricos en componentes nutricionales, bioactivos y propiedades importantes para su procesamiento. Entre estos alimentos, la kiwicha (*Amaranthus caudatus*) se destaca, pero actualmente no se aprovecha completamente en la alimentación debido a la falta de conocimiento sobre todas sus bondades nutricionales. Por lo tanto, el objetivo de la investigación fue evaluar el comportamiento térmico, las propiedades tecnofuncionales, los compuestos bioactivos y el análisis proximal de las harinas obtenidas de kiwicha de tres variedades (Centenario, Frondosa y Oscar Blanco).

El Capítulo I describe la situación problemática, la formulación, la justificación, los objetivos y las hipótesis de la investigación. Su finalidad es identificar y analizar la razón detrás del trabajo de investigación, para luego ofrecer un diagnóstico y posibles soluciones al problema. El Capítulo II presenta antecedentes sobre el comportamiento térmico, las propiedades tecnofuncionales, los compuestos bioactivos y el análisis proximal de las harinas derivadas de kiwicha, aspectos que son relevantes para comparar con los resultados obtenidos. En el capítulo III se presentan las bases teóricas y el marco conceptual para facilitar la comprensión del lector. El capítulo IV aborda el lugar de ejecución, la identificación de variables, materiales, equipos, instrumentos y reactivos, la población y muestra, la unidad de análisis, el tipo de investigación, la metodología experimental, el método de análisis y el diseño experimental, todos estos elementos que forman parte de la metodología de la investigación, en el Capítulo V se presentan los resultados de las propiedades estudiadas, que son discutidos en comparación con distintos autores.

Por último, en el Capítulo VI, se exponen las conclusiones alcanzadas en función de los objetivos establecidos, así como recomendaciones para otras investigaciones. Asimismo, se incluyen las referencias bibliográficas y anexos que proporcionan información detallada, como los autores citados, las pruebas estadísticas, las curvas de calibración y las imágenes obtenidas a lo largo del desarrollo de este trabajo de investigación.

CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Situación Problemática

La harina obtenida de kiwicha (*Amaranthus caudatus*) en el Perú enfrenta desafíos significativos relacionados con la disponibilidad de recursos y la sostenibilidad. Factores como el cambio climático y la infraestructura limitada para el cultivo y procesamiento afecta la capacidad de los productores de las zonas altoandinas. A pesar de sus beneficios nutricionales, la harina de Kiwicha debe afrontar importantes retos en términos de comercialización y promoción. La falta de conocimiento y aceptación entre los consumidores representa una barrera, junto con los costos asociados con la comercialización y la competencia con harinas más convencionales (Alemán, 2022; García y Torres, 2021; Hernández y Vargas, 2020).

El desconocimiento de las propiedades térmicas de las harinas, como la temperatura de gelatinización, entalpía de gelatinización, la transición vítrea, el calor específico y la descomposición térmica, tienen consecuencias significativas en los productos que requieren una textura adecuada, estabilidad en el almacenamiento y una adecuada conservación de sus nutrientes. Estos factores son críticos en los procesos de panificación y la producción de alimentos extruidos, donde un control térmico adecuado es clave para evitar estas causas (Biliaderis, 2009; Levine y Slade, 1988; Nishinari et al., 2019; Rahman, 2020; Singh y Kaur, 2013).

Asimismo, la falta de información precisa de las propiedades tecnofuncionales de las harinas, como es el caso del poder de hinchamiento, la solubilidad en agua y la capacidad de absorción de agua, representa un problema significativo afectando la calidad y consistencia del producto final en la industria alimentaria. Esta falta de conocimiento puede llevar a problemas en la formulación de productos, manifestándose en texturas inadecuadas, volúmenes irregulares y masas o salsa que no logran la consistencia deseada (Kinsella, 1976; Tester y Debon, 2000; Wani et al., 2012).

Finalmente, el desconocimiento de los compuestos bioactivos presentes en harinas no tradicionales, como la Kiwicha, puede llevar a la subutilización de ingredientes con alto potencial nutritivo y funcional, lo que impacta negativamente en la salud pública y

en la innovación alimentaria. Estos compuestos, como fenoles totales, capacidad antioxidante y flavonoides, son cruciales para la prevención de enfermedades crónicas y podrían ser mejor aprovechados en el desarrollo de alimentos funcionales, pero la falta de investigación y educación sobre ellos limita su uso (Navarro del Hierro et al., 2018; Gómez et al., 2014; Shahidi y Chandrasekara, 2013; Alvarez et al., 2010).

Por lo señalado, la finalidad de esta investigación es evaluar el comportamiento térmico, las propiedades tecnofuncionales, los compuestos bioactivos y el análisis proximal de las harinas obtenidas de Kiwicha (*Amaranthus caudatus*) de tres variedades cultivadas en la provincia de Andahuaylas.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál será el comportamiento térmico, las propiedades tecnofuncionales, los compuestos bioactivos y el análisis proximal de harinas obtenidas de kiwicha de tres variedades producidas en Andahuaylas?

1.2.2. Problemas específicos

¿Cuál será la temperatura de gelatinización, entalpía de gelatinización, transición vítrea, calor específico y la descomposición térmica en harinas obtenidas de kiwicha de tres variedades?

¿Cuál será la cantidad de poder de hinchamiento, solubilidad en agua y capacidad de absorción de agua en harinas obtenidas de kiwicha de tres variedades?

¿Cuál será el contenido de fenoles totales, capacidad antioxidante y flavonoides en harinas obtenidas de kiwicha de tres variedades?

¿Cuál será el porcentaje de humedad, proteínas, grasa, ceniza, fibra y carbohidratos en las harinas obtenidas de kiwicha de las tres variedades?

1.3. Justificación de la investigación

La Kiwicha (*amaranthus caudatus*) es un cereal originario de los andes, es conocido por su alto valor nutricional, siendo rico en proteínas, aminoácidos esenciales y compuestos bioactivos. Este perfil nutricional lo convierte en un alimento funcional que puede contribuir a mejorar la salud de los consumidores (Vera y Lerna, 2015). Este hecho suscita el interés en estudiar la harina obtenida de Kiwicha, específicamente de las variedades Centenario, Frondosa y Oscar blanco, dándole un valor agregado a este subproducto promoviendo su consumo y uso en la elaboración de diversos alimentos en la industria alimentaria.

En relación a la problemática mencionada, conocer la temperatura de gelatinización y la entalpia de gelatinización permitirá optimizar las condiciones de procesamiento, mejorará la textura y la digestibilidad de los productos finales (Sandhu y Singh, 2007). seguidamente entender la temperatura de transición vítrea es esencial para prevenir problemas como el apelmamiento o la pérdida de textura crujiente durante el almacenamiento (Kalichevsky y Blanshard, 1992). Por otra parte, el calor específico es una propiedad térmica clave que indica la cantidad de energía requerida para elevar la temperatura de una unidad de masa de un material en un grado Celsius, es fundamental para optimizar procesos como la cocción y el secado, así como para mejorar la eficiencia energética durante el procesamiento de alimentos (Morales et al., 2014). Cabe resaltar que la descomposición térmica es vital para asegurar y conocer a que temperatura comienza a degradarse los componentes nutricionales de la harina (Gani et al., 2016). Esta evaluación no solo contribuirá a mejorar la calidad y seguridad de los productos, sí no que también permitirá innovar en el desarrollo de nuevos alimentos que aprovechen las propiedades únicas de la harina de Kiwicha.

En efecto las propiedades tecnofuncionales son cruciales en el desarrollo de productos alimenticios, como el poder de hinchamiento que es una propiedad particularmente importante para predecir la textura y viscosidad de productos alimenticios como sopas, salsas y productos horneados (Singh et al., 2010). La solubilidad en agua es relevante para evaluar la disponibilidad de nutrientes y la digestibilidad de los productos alimenticios, así como para diseñar productos

instantáneos o bebidas a base de cereales (Adebowale et al., 2005), la capacidad de absorción de agua es una medida de la habilidad de la harina para retener agua, lo que influye en la textura, el volumen y la humedad de los productos finales. Esta propiedad es importante para el desarrollo de productos horneados, embutidos y productos cárnicos, donde la retención de agua es esencial para mantener la jugosidad y mejorar la estabilidad del producto (Beuchat, 1977).

El análisis de los compuestos bioactivos como los fenoles totales, la capacidad antioxidante y los flavonoides en alimentos es de gran relevancia en la ciencia de los alimentos y la nutrición, debido a que estos compuestos pueden prevenir enfermedades crónicas, como las enfermedades cardiovasculares y ciertos tipos de cáncer (Scalbert et al., 2005). Seguidamente el estudio de los flavonoides es vital para identificar fuentes dietéticas ricas en estos compuestos y para desarrollar suplementos o alimentos funcionales que pueden contribuir a la salud pública (Tsao, 2010). Además, cuantificar estos compuestos en la harina es importante para el desarrollo de productos alimenticios enriquecidos con compuestos bioactivos, que pueden ofrecer beneficios adicionales más allá de la nutrición básica (Ross y Kasum, 2002).

Finalmente, el análisis proximal, que abarca la humedad, carbohidratos, proteína, grasas, fibra y ceniza, es crucial para determinar el porcentaje de la composición nutricional de la harina. Este conocimiento facilitará su adecuada aplicación en la industria alimentaria y en la formulación de productos que promuevan una dieta saludable y sostenible, destacando así la importancia de este subproducto.

Es así que esta investigación contribuirá a revalorar el uso y consumo de la harina obtenida de Kiwicha (*amaranthus caudatus*), en este sentido, se pretende evaluar el comportamiento térmico, las propiedades tecnofuncionales, los compuestos bioactivos y el análisis proximal, esto nos permitirá comprender y utilizar adecuadamente sus bondades nutricionales.

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo general

Evaluar el comportamiento térmico, las propiedades tecnofuncionales, los compuestos bioactivos y el análisis proximal de harinas obtenidas de Kiwicha de tres variedades producidas en Andahuaylas.

1.4.2. Objetivos específicos

Determinar la temperatura de gelatinización, entalpia de gelatinización, transición vítrea, calor específico y descomposición térmica en harinas obtenidas de Kiwicha en tres variedades.

Determinar el poder de hinchamiento, solubilidad en agua y capacidad de absorción de agua de harinas obtenidas de Kiwicha en tres variedades.

Determinar el contenido de fenoles totales, capacidad antioxidante y flavonoides de harinas obtenidas de Kiwicha en tres variedades.

Determinar el porcentaje de humedad, proteína, grasa, ceniza, fibra y carbohidratos de harinas obtenidas de Kiwicha en tres variedades.

1.5. Formulación de hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

El comportamiento térmico, las propiedades tecnofuncionales, los compuestos bioactivos y el análisis proximal muestran diferencias significativas en las harinas obtenidas de Kiwicha de las tres variedades.

1.5.2. Hipótesis específicas

La evaluación del comportamiento térmico (temperatura de gelatinización, entalpia de gelatinización, calor específico, transición vítrea y descomposición térmica) muestran diferencias en las harinas obtenidas de Kiwicha de las tres variedades.

Las propiedades tecnofuncionales (poder de hinchamiento, capacidad de absorción de agua y solubilidad en agua) muestran diferencias significativas en las harinas obtenidas de Kiwicha de las tres variedades.

Los compuestos bioactivos (fenoles totales, capacidad antioxidante y flavonoides) muestran diferencias significativas en las harinas obtenidas de Kiwicha de las tres variedades.

Los análisis proximales (humedad, proteína, grasa, ceniza, fibra y carbohidratos) muestran diferencias significativas en las harinas obtenidas de Kiwicha de las tres variedades.

CAPÍTULO II: ANTECEDENTES

2.1. Antecedentes internacionales

Dávalos et al. (2023), realizaron un estudio sobre harinas de pseudocereales andinos con altos valores nutricionales. Con el objetivo de analizar las propiedades térmicas. Para ello, se utilizaron granos de quinua, kiwicha y kañihua, las cuales fueron triturados utilizando un molino de martillos y posteriormente tamizados a través de una malla 100 (174 μm) para obtener harinas homogéneas. La metodología empleada fue el calorímetro diferencial de barrido (DSC), con un rango de temperatura de - 20 a 70 $^{\circ}\text{C}$, para determinar el calor específico. Para la determinación de gelatinización, se utilizaron cápsulas de aluminio de sellado hermético y se agregaron entre 6 y 8 mg de masa hidratada. Los resultados obtenidos mostraron un calor específico en el rango de 1.3 a 1.9 J/g $^{\circ}\text{C}$, una temperatura inicial gelatinización de 62.15 $^{\circ}\text{C}$, una temperatura de pico máximo de 68.85 $^{\circ}\text{C}$, una temperatura final de 78.25 $^{\circ}\text{C}$ y una entalpía de gelatinización de 5.7 J/g para la harina de kiwicha. Teniendo como conclusión que la harina de Kañihua presenta un mayor rango de estabilidad térmica en comparación con las harinas de kiwicha y quinua.

Consumi et al. (2022), llevaron a cabo un estudio mediante un Analizador Termogravimétrico para analizar la harina de trigo blando. El objetivo principal fue establecer un método fiable y rápido capaz de predecir la composición analítica y comparar resultados con los estándares de la Asociación Americana de Químicos de Cereales (AACC). Los resultados obtenidos mostraron que la muestra perdió peso en un rango de temperatura de 30 a 125 $^{\circ}\text{C}$, lo cual estuvo fuertemente correlacionado con el contenido de humedad determinado utilizando el método AACC. Además, se observó una pérdida de peso correspondiente al almidón en el rango de temperatura de 200 a 400 $^{\circ}\text{C}$, y una pérdida de contenido de gluten en el rango de 400 a 600 $^{\circ}\text{C}$. Finalmente, se generó un residuo a una temperatura de 600 $^{\circ}\text{C}$ (generalmente atribuible al contenido mineral), el cual se correlaciono con el contenido de cenizas según el método estándar de la AACC. se correlaciona con el contenido de cenizas (método estándar AACC). Concluyendo que se encontró una relación predictiva entre el uso de la termogravimetría (TGA) y la composición analítica de la harina.

Romero et al. (2015), estudiaron los cambios térmicos de tres pseudocereales, con el objetivo de determinar el calor específico y los parámetros termofísicos de la gelatinización utilizando calorimetría diferencial de barrido (DSC). Donde usaron muestras de kiwicha de la variedad Centenario, las cuales fueron molidas y tamizadas. Se trabajó con una relación de 1:3 (muestra: agua) para obtener una masa pastosa. Posteriormente, se utilizó una capsula de aluminio de acero inoxidable con un volumen máximo de 30 μ L, la cual contaba con tapas recubiertas de oro. Las condiciones de trabajo para el DSC fueron de -20 a 450 °C en una atmosfera de nitrógeno. Los resultados obtenidos mostraron un valor de calor específico (C_p) de 1.8 J/g.°C. Además, en los parámetros termofísicos del proceso de gelatinización se reportó un pico inicial de 65.0 °C, un pico máximo de 66 °C y un pico final de 79 °C. La entalpía de gelatinización se determinó como 6.8 J/g. En conclusión, se determinó que estos pseudocereales, presentan buenos comportamientos térmicos. Estos hallazgos ayudan a profundizar en la comprensión de las propiedades físicas y funcionales de los pseudocereales, así como en su posible uso como insumo en productos alimenticios.

Montoya et al. (2012), realizaron la caracterización física de harina de trigo con el objetivo de evaluar algunos componentes químicos. Para esto, se utilizó la metodología TA Instruments DSC-Q100 en muestras de 10 mg, con una velocidad de calentamiento de 5°C/min, desde temperatura ambiente hasta 100°C, y la descomposición térmica se realizó utilizando TA Instruments TGA Q500, con un rango de temperatura desde ambiente hasta 800 °C a una velocidad de 5°C/min en muestras de 6 mg. Los resultados obtenidos revelaron que, en la gelatinización, se observó un pico inicial a 53.27 °C, una temperatura pico final a 61.96 °C y una la entalpía de gelatinización de 1,080 J/g. En el análisis termogravimétrico, se encontró una pérdida de masa de humedad del 12.42 % en la primera caída, que ocurrió entre los 100 y 200 °C. En la segunda caída, entre 200 y 400 °C, se observó la descomposición de carbohidratos, péptidos de bajo peso molecular y la degradación del almidón, resultando en una pérdida de peso del 63.49 %. En la tercera caída, entre los 400 y 600 °C, se descompusieron polisacáridos de alto peso molecular, como proteínas, lípidos y otros compuestos orgánicos. En conclusión, se determinó que los tratamientos combinados de calor y humedad causan modificaciones térmicas en la harina de trigo, lo que resulta en cambios en sus propiedades físico-químicas del

almidón sin que afecte su estructura granular. Estos hallazgos contribuyen al conocimiento de la transformación y comportamiento del almidón durante los procesos de calentamiento y descomposición térmica.

Pineda et al. (2011) realizaron un estudio sobre las propiedades térmicas de las harinas de maíz producidas en Colombia, con el objetivo de caracterizar el comportamiento de las harinas obtenidas mediante un tratamiento térmico-alcalino. Para esto, utilizaron maíz trillado blanco de la variedad valle Colombia como muestra, la cual fue pulverizada utilizando un molino de discos y luego tamizada con mallas número 60 y 80 U.S. para homogeneizar el tamaño de las partículas. La metodología utilizada incluyó el uso de un calorímetro DSC Q100 de TA instruments, con una velocidad de rampa de 5 °C/min. También utilizaron un analizador termogravimétrico TGA Q500 de TA instruments, en un rango de temperatura de 25 a 800 °C, con una velocidad de rampa de 10 °C/min. Los resultados indicaron una temperatura inicial de gelatinización a 67.31 °C, un pico final a 78.38 °C, una entalpía de gelatinización de 0.136 J/g y un calor específico de 0.03233 J/g.°C. En cuanto a la descomposición térmica, se observó una pérdida del 9.31% en la primera caída, que tuvo lugar entre los 25 °C y 178.70 °C relacionada con la pérdida de humedad de la muestra. La segunda caída correspondió a la descomposición de los carbohidratos, que tuvo lugar entre 178.70 y 387.45 °C, representando el 67.97 % del peso. En la tercera caída, los productos volátiles, principalmente agua ligada, CO y CO₂, se descompusieron entre 387.45 y 627.76 °C, con un porcentaje del 18.96 %. Finalmente, se obtuvo un residuo del 1.88 %. En conclusión, se determinó que la adición de Ca (OH)₂ mejora la estabilidad térmica de las harinas de maíz y no afecta el porcentaje de almidón degradado durante el proceso.

Torres et al. (2018), en su investigación sobre harinas obtenidas de pseudocereales, centrándose en la caracterización físico-químico de las harinas de amaranto. Las muestras utilizadas en el estudio fueron obtenidas en la ciudad de Armenia. Para el análisis proximal, se utilizó la metodología establecida por la Asociación Oficial de Químicos Analistas (AOAC, 2000). Los resultados obtenidos para la harina de amaranto fueron los siguientes: Humedad de 8.62 ± 0.021, Ceniza de 0.018 ± 0.001, Proteína de 14 ± 0.050, Grasa de 5.37 ± 0.035, Fibra soluble de 12.14 ± 0.269 y Carbohidratos de 59.852. En cuanto al análisis funcional, se

obtuvieron valores de CAA de 1.63 ± 0.08 g/g y Solubilidad en agua de 3.51 %. Respecto a la transición vítrea, se observó que ocurrió en un rango de temperatura de 117.9 a 120.4 °C. Teniendo como conclusión que las harinas de pseudocereales presentaron altas propiedades funcionales y una mayor estabilidad térmica. Estos reportes son importantes para destacar el potencial uso de estas harinas en diferentes aplicaciones industriales y culinarias.

Dussán et al. (2019) llevaron a cabo un estudio sobre la harina de quinua con el objetivo de determinar sus propiedades funcionales. Las muestras utilizadas en el estudio fueron obtenidas de la variedad Blanca Jericó, provenientes del departamento del Cauca. Estas muestras fueron molidas en un molino industrial hasta obtener un tamaño de partículas de 0.5 mm. Los resultados obtenidos mostraron un índice de absorción de agua de 2.35 ± 0.10 g/g, un índice de solubilidad en agua de 11.18 ± 0.49 % y un poder de hinchamiento de 2.64 ± 0.10 g/g para la harina de quinua evaluada. En conclusión, estas propiedades pueden influir en las características como también en la calidad de los productos elaborados con harina de quinua también son factores importantes a considerar y valorar en los procesos de transformación agroindustrial.

Urbina et al. (2023) llevaron a cabo una investigación sobre cereales, con el objetivo de caracterizar y evaluar la funcionalidad de las harinas de amaranto y quinua. Los cereales utilizados en el estudio fueron obtenidos de la provincia de Bolívar. La molienda se realizó utilizando un molino artesanal, seguido de un proceso de tamizado. Se seleccionó la fracción con una retención de 100 micras para llevar a cabo los análisis respectivos. Los resultados obtenidos en el análisis fisicoquímico revelaron los siguientes valores para la harina de amaranto: para la humedad se registró un 14.19 ± 0.21 %; para la ceniza, un 2.73 ± 0.13 %; para proteína, un 14.41 ± 0.28 %; para la grasa, un 6.74 ± 0.48 %; y para los carbohidratos, un 67.09 ± 1.02 %. Además, en la CAA, se obtuvo un valor de 1.376 ± 17.02 g/g. Llegando a la conclusión, que las harinas de estos cereales podrían tener potencial para ser utilizadas en la producción de alimentos con valor agregado, lo que contribuye a la diversificación de estos cultivos en la cadena de valor.

Škrovánková et al. (2020) realizaron una evaluación de los polifenoles y actividad antioxidante de los pseudocereales, con el objetivo de analizar el contenido

de compuestos bioactivos de amaranto, trigo sarraceno y quinua. Para ello, utilizaron métodos espectrofotométricos a una absorbancia de 515 nm. Para la determinación la cantidad de fenoles libres, emplearon el reactivo Folin-Ciocalteu, mientras que para evaluar su capacidad antioxidante total (TAC), utilizaron los reactivos DPPH y ABTS. Las muestras de amaranto fueron obtenidas de la India, Hungría, Checoslovaquia y Alemania, y se trabajó con dos presentaciones: harina (AF) y harina integral (AWF). Los resultados mostraron que los pseudocereales contenían compuestos bioactivos. En cuanto a los fenoles totales, se obtuvo un valor de 31.5 mg GAE/100 g para AF y 19.2 mg GAE/100 g para AWF. En relación a la capacidad antioxidante medida por DPPH y ABTS, se obtuvieron valores de 99.9 y 692 $\mu\text{mol TE}/100\text{ g}$ para AF, y de 278 y 1725.6 $\mu\text{mol TE}/100\text{ g}$ para AWF respectivamente. En conclusión, se demostró que los pseudocereales analizados son ricos en compuestos bioactivos como compuestos fenólicos y capacidad antioxidante, los cuales tienen efectos beneficiosos para la salud del organismo.

Almirudis et al. (2020) llevaron a cabo un análisis de la calidad proteica de harinas obtenidas de amaranto por extrusión, con el objetivo de caracterizar su composición química proximal. Las muestras utilizadas en el estudio fueron obtenidas de la comercializadora Quali (Puebla, México). Estas muestras fueron trituradas con ayuda de un molino de martillos Christy Turner con tamiz de 0.5 mm. Para determinar la composición química proximal, se utilizaron los métodos establecidos por la Asociación Americana de Químicos de Cereales (AACC, 2000) y la Asociación Oficial de Químicos Analistas (AOAC, 2006). Los resultados obtenidos revelaron un contenido de proteína del amaranto sin procesar de $17.14 \pm 2.86\%$, grasa de $6.61 \pm 0.07\%$, ceniza de $3.25 \pm 0.02\%$, carbohidratos de $73.00 \pm 00\%$ y fibra total de $8.68 \pm 0.29\%$. Como conclusión, se determinó que el proceso de extrusión es una buena alternativa para el procesamiento térmico del amaranto.

2.2. Antecedentes nacionales

De La Cruz, (2023) llevó a cabo un estudio con el objetivo de determinar y evaluar la capacidad antioxidante de la harina de trigo. Se utilizaron 13 muestras de harina de uso directo para panificación. La metodología utilizada fue de DPPH y ABTS extractable. Se utilizó un lector de microplacas para realizar las lecturas correspondientes. Para el ensayo de DPPH, se agregaron 10 μL de muestra y 200 μL de DPPH por pocillo en una microplaca y se midió la absorbancia a 520 nm. Para el ensayo de ABTS, se agregaron 10 μL de muestra y 100 μL de solución ABTS⁺ en los pocillos, y se midió la absorbancia a 734 nm. Los resultados obtenidos mostraron valores de capacidad antioxidante en el rango de 10.96 a 29.07 $\mu\text{mol DPPH}/100\text{ g}$ y de 71.12 a 138.89 $\mu\text{mol TE}/100\text{g}$ para el ensayo de ABTS⁺. Concluyendo que todas las harinas comerciales de trigo contienen capacidad antioxidante en diferentes proporciones. Es importante considerar estos resultados al evaluar la calidad nutricional y funcional de las harinas de trigo en aplicaciones alimentarias.

Chamorro, (2018) evaluó 30 accesiones de kiwicha con el objetivo de analizar su composición química y compuestos bioactivos. Las muestras utilizadas procedieron de la estación experimental INIA cajamarca, con códigos nacionales que van desde d PER 002354 hasta PER 002463. Se trabajó con harinas con un tamaño de partícula menores a 0.5 mm. La metodología empleada para determinar la composición química fue la AOAC (2005), mientras que para los compuestos bioactivos se utilizó la cuantificación espectrofométrica. Los resultados obtenidos mostraron los siguientes valores: humedad de 10.18 a 11.85 %; cenizas de 1.96 a 3.67 %; proteínas de 14.13 a 16.59 %; lípidos de 6.88 a 9.67 %; fibra de 1.76 a 6.00 %; carbohidratos de 72.04 a 75.26 %. En cuanto a los compuestos bioactivos, se encontraron compuestos fenólicos totales en un rango de 51,34 y 75,69 mg GAE/100 g, flavonoides totales entre 12,65 y 36,58 mg CE/100 g, capacidad antioxidante por DPPH entre 119,15 a 268,2 $\mu\text{mol TE}/100\text{ g}$, y con ABTS entre 383,06 y 790,34 $\mu\text{mol TE}/100\text{ g}$. En conclusión, se determinó que cada accesión de kiwicha evaluado presenta altos contenidos de compuestos bioactivos y nutricionales. Estos hallazgos resaltan la importancia de la kiwicha como una fuente de alimentos con propiedades beneficiosas para la salud.

Viñas, (2017) llevó a cabo una investigación sobre harinas de kiwicha, quinua y kañiwa de diferentes tipos: industriales, a granel y artesanal, con el objetivo de comparar el contenido de polifenoles y flavonoides totales. Las muestras utilizadas fueron obtenidas del mercado de Surquillo, posteriormente fueron molidas y tamizadas con una malla # 70, y almacenadas en bolsas de polietileno con cierre hermético. Para la extracción de la alícuota de la muestra, se utilizó una relación de 1:10 (muestra/MeOH). Para determinar los polifenoles totales realizó mediante espectrofotometría a una absorbancia de 725 nm, mientras que el contenido de flavonoides se determinó por el método colorimétrico de cloruro de aluminio, midiendo la absorbancia a 510 nm. Los resultados obtenidos mostraron que la harina de kiwicha artesanal presentó un contenido de polifenoles de 54.19 mg GAE/100 g, la harina a granel de 72.35 mg GAE/100 g, y la harina industrial de 64.40 mg GAE/100g. En cuanto a los flavonoides, se obtuvieron valores de 26.09, 33.39 y 29.14 mg CE/100 g, respectivamente. En conclusión, se determinó que las harinas de kiwicha artesanal y a granel tuvieron un mayor contenido de polifenoles en comparación con las harinas industriales. Esto sugiere que el consumo de estas harinas podría tener beneficios para la salud debido a su mayor contenido de compuestos antioxidantes.

Jamanca et al. (2024) llevaron a cabo un estudio con el objetivo de evaluar las propiedades tecnofuncionales de las harinas de quinua, kiwicha, trigo y sus mezclas. Las muestras utilizadas fueron obtenidas del mercado central de barranca, y posteriormente fueron procesadas utilizando un molino de martillos industrial y tamizadas para obtener harinas homogéneas. Los resultados obtenidos mostraron un índice de absorción de agua de 0.69 ± 0.002 g/g, un índice soluble de materiales de 10.63 ± 0.14 y un poder de hinchazón de 2.78 ± 0.03 . En cuanto a la composición proximal de las harinas de kiwicha, se obtuvieron los siguientes valores: Humedad de 7.57 ± 0.19 g, Grasa de 7.77 ± 1.03 g, Cenizas de 1.90 ± 0.39 g, Fibra cruda de 2.93 ± 0.14 g, Proteína de 9.77 ± 0.05 g y Carbohidratos totales de 70.07 ± 0.65 g. En conclusión, se determinó que los granos andinos, tienen un potencial prometedor para su uso en la industria alimentaria. El estudio proporciona información importante sobre las propiedades tecnofuncionales de estas harinas, lo que podría contribuir a la creación de productos alimentarios más diversificados y nutritivos.

2.3. Antecedentes locales

Gamarra, (2021) llevó a cabo un estudio para determinar los valores nutricionales y las propiedades funcionales de la harina de sangorache (*Amaranthus Hybridus L.*). Los granos utilizados en el estudio fueron obtenidos de la comunidad de Atancama, en la provincia de Abancay. Los granos fueron triturados en un molino de martillo y tamizados utilizando una malla de tamaño 60 (0.250 mm). La metodología utilizada fue la AOAC (2005), específicamente para la determinación de proteínas. Los resultados obtenidos para la harina de sangorache sin germinar mostraron un contenido de proteínas de 17.24 ± 0.15 %. En cuanto a las propiedades funcionales, reportaron valores de CAA de 1.93 ± 0.36 g/g y solubilidad en agua de 17.70 ± 1.31 %. En conclusión, se determinó que el germinado de la semilla de sangarache mejora la calidad proteica y algunas de las propiedades de interacción con el agua y la consistencia. Estos hallazgos resaltan la importancia del proceso de germinación para mejorar la características nutricionales y funcionales.

Moreano, (2022) llevó a cabo un estudio con el objetivo de evaluar el contenido de polifenoles, la actividad antioxidante y la proteína en kiwicha germinada y no germinada. Las variedades utilizadas en el estudio fueron Oscar blanco y centenario, obtenidas de la comunidad de Asil Viracochan en Abancay. Las muestras fueron molidas en un molino de cuchillas Grindomix a 3000 rpm y luego tamizadas con mallas de # 80 y #100 para obtener partículas homogéneas. El contenido total de polifenoles se evaluó mediante un método espectrofotométrico UV-visible utilizando el reactivo de Folin-Ciocalteu. La actividad antioxidante se midió a través del método del radical libre 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH). Por otra parte, el contenido de proteínas se determinó utilizando el método de Kjeldahl. Los resultados obtenidos indicaron que, en ambas variedades no germinadas, se registraron valores de polifenoles totales de 301.54 y 275.31 mg GAE/100 g, respectivamente. En cuanto a la capacidad antioxidante, se obtuvieron valores de 97.38 y 94.84 mg TE/100 g, mientras que el contenido de proteínas fue de 13.10 y 13.13 % respectivamente. En conclusión, se determinó que el tiempo de germinado incrementa el contenido de polifenoles totales, la actividad antioxidante y el contenido proteico en la kiwicha de ambas variedades. Estos hallazgos resaltan la importancia del germinado en la mejora de las propiedades nutricionales y antioxidantes de la kiwicha.

Sequeiros, (2022) llevo a cabo un estudio con el objetivo de evaluar la composición de nutrientes, la bioactividad y las propiedades funcionales del maíz, la quinua y el tarwi. Las muestras utilizadas fueron obtenidas de diferentes provincias de Apurímac. Las metodologías utilizadas fueron la NTP 205.037 (1975), el método AOAC 942.05 (2012), el método AOAC 955.04 (1990), el método de la AOAC 920.39 (1990) y el método de la AOAC 962.09 (2010) para determinar la composición de nutrientes y las propiedades funcionales. Los resultados obtenidos mostraron un rango de contenido de proteínas del 37.30 % al 6.74 %, contenido de grasa 28.76 % al 4.53 %, contenido de ceniza del 3.14 % al 1.66 %, contenido de fibra del 7.42 % al 2.14 % y contenido de carbohidratos del 85.75 % al 32.11%. En cuanto a los polifenoles totales, se obtuvieron valores desde 32.33 hasta 373.19 mg GAE/100g y capacidad antioxidante varió desde 45.64 hasta 2895.68 $\mu\text{mol Eq Trolox}/100\text{g}$. Además, se registraron valores de capacidad de absorción de agua desde 1.85 hasta 3.70 g/g, y valores de índice de solubilidad desde 73.84 % hasta 86.26 %. En conclusión, se determinó que el tarwi se destacó en la composición nutricional y tecnofuncional, lo que sugiere que podría ser incorporado en la formulación de productos cárnicos, panificados y geles. Por otro lado, el maíz morado resalto en términos de compuestos bioactivos. Estos hallazgos subrayan el potencial de estos alimentos para diversas aplicaciones en la industria alimentaria.

Quispe, (2023) llevo a cabo un estudio sobre almidón de quinua de dos variedades, con el objetivo de determinar sus propiedades tecnofuncionales. Las muestras utilizadas en el estudio fueron obtenidas de la variedad pasankalla roja y choclito, provenientes de la provincia de Andahuaylas, las propiedades tecnofuncionales fueron evaluados a partir de los 50 °C a los 90 °C. Los resultados obtenidos a los 60 °C mostraron un poder de hinchamiento de 9.01 y 7.97 g/g; solubilidad de agua de 10.50 y 10.51 %; capacidad de absorción de agua de 8.09 y 7.14 g/g para el almidón de quinua roja pasankalla y choclito respectivamente. En conclusión, estas propiedades varían de acuerdo a la fuente botánica y genética de las variedades de quinua.

CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO

3.1. Bases teóricas

3.1.1. Kiwicha (*Amaranthus caudatus*)

La Kiwicha o Amaranto es conocida como un grano andino, se cultiva en Perú y en las regiones montañosas de Ecuador, Bolivia y Argentina. Este grano tiene un alto valor nutricional y puede reemplazar las proteínas de origen animal gracias a su contenido y calidad proteica (19 g/100 g). Presenta el doble de lisina (un aminoácido esencial) en comparación con el trigo. Además, es abundante en fibra dietética (5,6 g/100 g), calcio (250 mg/100 g), hierro, almidón, vitamina C, complejo B y grasas poliinsaturadas. El grano de kiwicha también contiene diversos nutrientes que lo convierten en un alimento rico en compuestos bioactivos y polifenoles, así como en fibra dietética, lo que permite su uso en la producción de alimentos funcionales. Tiene múltiples aplicaciones en la industria alimentaria, ya sea como grano entero, expandido o en forma de harina. Se puede utilizar en la elaboración de cereales, golosinas, insumo en repostería, productos horneados, barras, granola y alimentos dietéticos. El grano limpio y seco, se muele para obtener harina, empleada para fortificar pan y galletas; o ser sometido al proceso de precocción como el reventado (popeado), tostado, hervido, laminado, etc. (Burgos y Castillo, 2021)

3.1.2. Clasificación taxonómica de la Kiwicha

Según Pérez, (2010) realiza la clasifica taxonómica de la siguiente manera:

Reino: Vegetal.

División: Fanerógama.

Clase: Dicotiledoneae.

Subclase: Archyclamidae.

Orden: Centrospermales.

Familia: Amaranthaceae.

Género: *Amaranthus*.

Especies: *Caudatus*, *cruentus*.

3.1.3. Descripción de la Planta

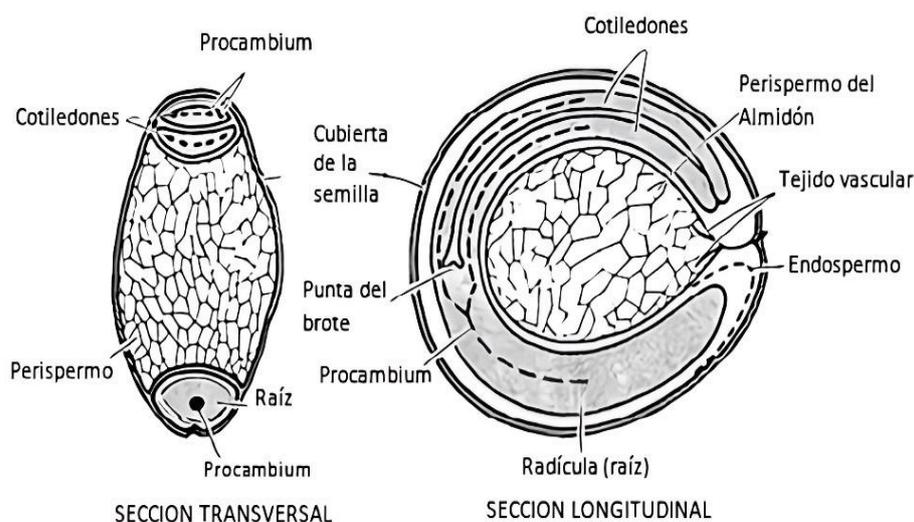
La Kiwicha es una planta anual, de apariencia similar a la quinua, que alcanza gran crecimiento y gran altura en suelos fértiles, hasta 2.60 metros en algunos casos. Hojas rómbicas, lisas, con pocos o ningún pelo; Las venas son visibles. Después de la formación del polen, la flor se cierra y se cae; las flores tolerantes tienen cinco estambres con filamentos largos y delgados que terminan en anteras que se abren en dos folículos; el fruto es un pixidium cubierto por una cápsula abierta transversalmente; semillas redondas vistas desde arriba y guisantes vistos de lado, de 1 a 1.5 cm de diámetro, 0.5 mm de espesor, disponibles en variedad de colores: blanco lechoso, blanco amarillento, amarillo, rosa, rojo o negro; la mayor parte de la semilla ocupada por el embrión está plegada formando un anillo. (Calvo et al., 2001)

3.1.4. Morfología, tamaño y color de Kiwicha

El grano de la Kiwicha tiene cuatro partes importantes: epispermo (cubierta seminal, constituida por una capa de células muy finas), endospermo (segunda capa del grano), embrión (constituido por cotiledones, parte que presenta mayor proporción de proteína) y perisperma (capa interna compuesta mayormente por almidones). (Peña, 2010,) citado por (Chamorro, 2018).

Figura 1.

Morfología del grano de Kiwicha (Amaranthus caudatus)



Fuente: (Irving et al., 1981).

3.1.5. Valor nutricional de Kiwicha (*Amaranthus caudatus*)

La Kiwicha en general es un grano con un alto valor nutricional debido a su alto contenido de proteínas, carbohidratos, y minerales. Debido al alto contenido de lisina, el amaranto es un buen suplemento a los cereales, los cuales son deficientes en este aminoácido esencial. En general niveles de 25% a 30% de harina de grano de amaranto a 70% - 75% de harina de cereal mejoran la calidad del Trigo, Arroz, Maíz y Maicillo. Además, bajo condiciones normales, el amaranto y su harina tiene una vida de anaquel mayor a una semana que la de otros cereales y leguminosas (Burgos y Castillo, 2021).

La Kiwicha por cada proporción de 100 gramos aporta 383.3 calorías, 14.5 g de proteínas, 7.5 g de grasa, 60.4 g de carbohidratos, 368.5 mg de calcio, 475.5 mg de fósforo, valor nutricional similar al de la avena integral, junto con vitaminas E y del complejo B (Pérez, 2010).

3.1.6. Variedades y/o ecotipos de kiwicha

La Kiwicha o amaranto es una planta que forma parte de la familia de las amarantáceas, que incluye 70 géneros y más de 850 especies. Esta planta es anual y puede ser herbácea o arbustiva, presentando una variedad de colores que van del verde al morado o púrpura, con diversas tonalidades intermedias. De acuerdo con Sierra Exportadora, en 2014 se contabilizaron más de 1200 ecotipos de amaranto en la región andina. El color de la semilla y la forma son las principales características por las cuales se reconocen las variedades, así como el color de la planta entre otras características (AEDES, 2014).

Tabla 1.

Variedades de kiwicha

Variedad	Características
Noel Vietmeyer	De grano rosado y usada como hortaliza.
Oscar Blanco	De grano blanco y usada como hortaliza.
Chullpi	Con granos de tipo reventón, adecuados para cocción en seco.

Variedad	Características
Alan García	Grano pequeño y susceptible a enfermedades.
INIA 414 - Taray	Variedad desarrollada por INIA, para ser cultivada en valles interandinos entre 1800 a 3100 msnm.
INIA 413 - Morocho Ayacuchano	De grano grande especial para elaborar hojuelas.
INIA 430- IMPERIAL	Variedad desarrollada por INIA resistente a cambios climáticos adecuado para rubro de panificación.
Centenario	Mejor en cuanto a vigor de la planta, altura de panoja y buen rendimiento en grano
Frondosa	Con alto rendimiento productivo tolerante a plagas y enfermedades

Fuente: (AEDES, 2014).

3.1.7. La producción de Kiwicha en Perú

Es una tradición milenaria que decayó durante largos siglos. Durante el año 2000 se cosecharon 1800 hectáreas y se produjeron 2700 toneladas, y en el primer semestre de 2001 la producción aumentó 50% respecto al mismo período del año anterior. Los avances agronómicos en este país son muy importantes, cuenta con dos de las colecciones de germoplasma de amaranto más importantes del mundo y es el país donde se han alcanzado los mayores rendimientos. En algunos ensayos experimentales se obtuvieron rendimientos en grano de 7200 kg/ha de grano, muy superiores al promedio mundial, que ronda 1000 - 3000 kg/ha. El cultivo comercial del amaranto en Argentina ocupa menos de 50 hectáreas anuales, y la producción alcanzaría las 50 toneladas. La siembra se realiza en forma esporádica y con compromiso de compra previa, generalmente coordinado por la exportación (Recalde y Fierro, 2013)

3.1.8. Harina de Kiwicha

Son considerados polvos muy finos obtenidos mediante la molienda del grano de Kiwicha, ricos en almidón y proteínas. También se puede obtener de otros granos

como Cebada, Avena, Maíz, Arroz, Kiwicha, Quinoa, etc. Todos ellos pueden usarse para elaborar productos alimenticios, como pan, tortillas, pasteles, fideos y muchos otros (Pérez y Gardey, 2018).

La harina de Kiwicha o también conocida como harina de amaranto en otros países como México realizan varios derivados de la kiwicha una de las formas mayormente utilizada de los granos de Kiwicha es en forma de harina y cereales. Como harina compuesta, la Kiwicha se utiliza en la manufactura de pan con levadura y de otros productos de harina horneada. Uno de los factores que afectan la calidad de la harina y el producto horneado es el contenido de almidón dañado. La dureza del grano, el nivel de acondicionamiento, el tipo de molino y la severidad de la molienda son algunos de los factores que afectan el nivel de almidón dañado en granos molidos (Escobar y Valencia, 1993).

3.1.9. Análisis físico-químico de la harina de Kiwicha

Tabla 2.

Análisis físico-químico de harinas de Kiwicha.

Componentes	Harina de Kiwicha de la variedad centenario	Harina de Kiwicha de la variedad Oscar blanco
Humedad	9.80 ± 0.10	9.44 ± 0.09
Proteína	14.55 ± 0.17	14.70 ± 0.12
Grasa	10.08 ± 0.16	10.15 ± 0.03
Carbohidratos	65.55	65.27
Fibra dietaría	7.43 ± 0.10	7.27 ± 0.11
Ceniza	2.39 ± 0.05	2.61 ± 0.01

Fuente: (Carrasco et al., 2009)

3.1.10. Generalidades sobre la harina de Kiwicha

La harina de Kiwicha, también conocida como amaranto, es altamente valorada por sus múltiples beneficios nutricionales. Algunas de sus propiedades y beneficios son:

- **Rica en Aminoácidos Esenciales:** La harina de Kiwicha es una excelente fuente de aminoácidos esenciales, especialmente lisina, que es fundamental para el desarrollo físico y mental, así como para la nutrición de madres gestantes y niños (La Nuestra Perú, 2024).
- **Alto Contenido de Minerales:** Este tipo de harina contiene minerales esenciales como hierro, calcio, fósforo, magnesio y zinc, lo que contribuye a la salud ósea y al fortalecimiento del sistema inmunológico. De hecho, se ha reportado que la Kiwicha tiene el doble de calcio que la leche (Organa, 2024).
- **Beneficios para la Digestión:** La harina de Kiwicha es rica en fibra, lo que mejora el tránsito intestinal y ayuda a prevenir problemas digestivos. Esto la convierte en una opción ideal para aquellos que buscan mantener una buena salud digestiva (Andino Industrias, 2024).
- **Libre de Gluten:** La Kiwicha es naturalmente libre de gluten, lo que la hace apta para personas con enfermedad celíaca o sensibilidad al gluten. Su bajo índice glucémico también ayuda a mantener estables los niveles de azúcar en sangre, siendo beneficiosa para diabéticos (Pachayachachiq, 2024).
- **Versatilidad en la Cocina:** La harina de Kiwicha se puede utilizar en una variedad de preparaciones culinarias, desde panes y galletas hasta sopas y guisos, lo que la convierte en un ingrediente versátil y nutritivo en la dieta diaria (Escobar y Valencia, 1993).

La dureza del grano, el nivel de acondicionamiento, el tipo de molino y la severidad de la molienda son algunos de los factores que afectan el nivel de almidón dañado en granos molidos, la harina generalmente se utiliza para enriquecer pastas, panes, galletas y alimentos para bebés (Carpio, 2009).

3.1.11. Propiedades de la harina de Kiwicha

Las harinas se definen por una serie de parámetros, pero típicamente en cuanto a las propiedades de la harina las más importantes son: resistencia, tenacidad y elasticidad, definen el comportamiento que tendrá la masa disponible con estos polvos (Fernández, 2017).

3.1.12. Usos de la harina de Kiwicha en la industria agroalimentaria

Las harinas son el ingrediente principal que constituye una parte esencial de nuestra dieta al igual que el pan, un alimento que no puede ser sustituido en ninguna dieta equilibrada. Aunque a primera vista pueda parecer un alimento sencillo, se trata de un producto muy complejo, ya que la proporción de sus diferentes componentes (proteína y almidón) determina la mayoría de las propiedades industriales, tecnológicas, así como su idoneidad para su uso en diferentes procesos: fabricación distintos tipos de pan, tartas, bollería o galletas, entre muchos otros (Carrasco et al., 2009). Otro de los usos de la harina de Kiwicha es como ingrediente de una barra funcional, como una alternativa para complementar la alimentación de diferentes grupos de la población como niños, embarazadas, mujeres en periodo de lactancia y adultos en general (Burgos y Castillo, 2021)

- Preparación de Productos de Panadería: Se emplea en la elaboración de panes, ya sea sola o en combinación con otras harinas, como la de trigo. Esta mezcla no solo mejora el valor nutricional del pan, sino que también contribuye a una mejor textura y sabor (Mejia,2019).
- Repostería: Para la producción de galletas, pasteles y otros productos horneados, aportando un perfil nutricional superior gracias a su alto contenido en proteínas y minerales. Su uso en la repostería permite crear productos más saludables y con un sabor distintivo (Mejia,2019).
- Alimentos Funcionales: La harina de Kiwicha es ideal para la formulación de alimentos funcionales, como batidos y papillas, debido a su alto contenido de fibra, vitaminas y minerales. Siendo así una opción atractiva para consumidores que buscan mejorar su salud a través de la alimentación (Marccone, 2001).

- Sopas y Guisos: En forma de harina o grano, la Kiwicha se puede añadir a sopas y guisos, enriqueciendo estos platos con nutrientes esenciales y mejorando su valor energético (Contreras, Jaimez, Soto, Castañeda, & Añorve, 2011).
- Alternativa Sin Gluten: La harina de Kiwicha es naturalmente libre de gluten, lo que la hace adecuada para personas con enfermedad celíaca o sensibilidad al gluten. Su uso en la cocina permite a estos consumidores disfrutar de productos horneados sin comprometer su salud (Contreras, Jaimez, Soto, Castañeda, & Añorve, 2011).

3.1.13. Importancia del consumo de harina de Kiwicha

La harina de Kiwicha proporciona beneficios médicos (previniendo algunas enfermedades) y para la salud (aportando elementos básicos para la nutrición). Contiene una alta proporción de proteínas, vitaminas y minerales. Contiene lisina, un elemento esencial para la construcción de todas las proteínas del cuerpo. Su consumo aporta calcio y puede utilizarse en lugar de la leche debido a su alta concentración. (Toaquiza, 2012).

La harina de Kiwicha es valiosa por su alto valor nutricional, siendo rica en proteínas, fibra, calcio, hierro y grasas poliinsaturadas, siendo un sustituto ideal de proteínas animales. Se emplea en diversos productos alimenticios como cereales, snacks y alimentos dietéticos, destacando por su composición similar a la avena en valor nutricional (Toaquiza, 2012).

3.2. Comportamiento térmico

El análisis térmico es un conjunto de técnicas analíticas que estudian el comportamiento térmico de los materiales. Cuando un material se calienta o se enfría, su estructura y su composición química pueden sufrir cambios tales como fusión, sublimación, solidificación, cristalización, descomposición, oxidación térmica o sinterización. El análisis térmico puede proporcionar información útil relacionada con la calidad del alimento y su estabilidad a temperaturas de almacenamiento, duración de la vida útil, cambios que ocurren durante el procesamiento posterior a temperaturas elevadas, en general estos cambios se pueden estudiar midiendo la variación de

distintas propiedades de la materia en función de la temperatura, el tiempo y una atmósfera determinada (Rahman, 2006).

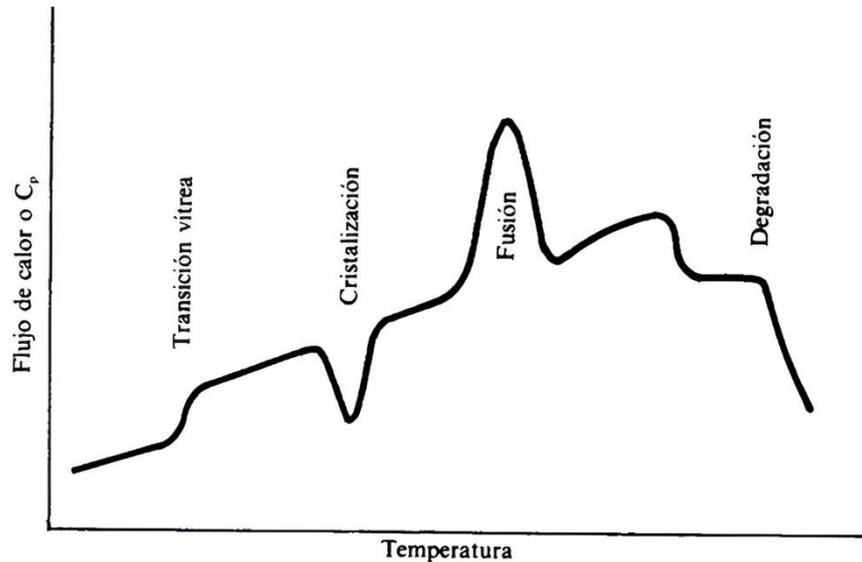
Las propiedades térmicas como la capacidad calorífica específica, la difusividad térmica, la entalpía de gelatinización o las temperaturas de gelatinización, son parámetros importantes que pueden ser útiles para la industria procesadora de cereales relacionados con tratamientos como el secado, el almacenamiento y la refrigeración. o caracterizar cualidades funcionales y nutricionales tanto del almidón como de cereales. generalmente se obtiene mediante estimaciones empíricas del contenido de proteínas, carbohidratos y grasas (Davalos et al., 2002).

3.2.1. Calorímetro Diferencial de Barrido (DSC)

Nos permite estudiar procesos en los cuales se producen cambios de entalpía, y la determinación de calor específico, así como la cristalización y el punto de ebullición, la entalpía de reacción e identificar transiciones primarias y de otro tipo como se puede apreciar en la Figura 2. En general, para que el DSC pueda funcionar en un rango de temperatura que va desde la del nitrógeno líquido hasta aproximadamente 600 °C. y esta técnica analítica se utiliza para caracterizar materiales que sufren transiciones térmicas a 600 °C. Los polímeros son la familia de materiales que representa con precisión todas sus transiciones térmicas dentro de este rango. Por ende, el DSC se usa principalmente para la caracterización de polímeros, es por eso que se hacen las transiciones térmicas en los polímeros estudiados salvados por el DSC. En el campo de los polímeros, las transiciones térmicas se pueden definir como la temperatura de transición vítrea (T_g) y la temperatura de fusión T_m ; Se pueden realizar estudios sobre compatibilidad de polímeros, polimerización y curado (Suriñach et al., 1992).

Figura 2.

Termograma obtenida por DSC.



Fuente: (Zubiaga y Llorente, 1991).

En la técnica experimental de Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC), se utilizan dos cápsulas. Una de ellas alberga la muestra que se va a analizar, mientras que la otra, conocida como cápsula de referencia, suele estar vacía. Cada cápsula cuenta con calefactores independientes, y un sistema de control monitorea las diferencias de temperatura entre la muestra y la cápsula de referencia. Si se detecta alguna variación, los calefactores se ajustan para asegurar que ambas cápsulas mantengan la misma temperatura. En otras palabras, durante un proceso exotérmico o endotérmico, el instrumento ajusta la energía requerida para mantener la temperatura constante en ambas cápsulas. Como regla general, puede decirse que todas las transformaciones o reacciones donde se produce un cambio de energía, pueden medirse por DSC (Naughton y Mortimer, 1974).

3.2.2. Gelatinización

La gelatinización es un cambio irreversible que experimentan los gránulos al ser calentados en condiciones de alta humedad (más del 35 % p/p). Esta transformación es significativa porque convierte la estructura semicristalina del gránulo en una forma predominantemente amorfa, lo que facilita su digestión en el organismo humano. Esta

transición puede ser estudiada mediante calorimetría diferencial de barrido (DSC) y se caracteriza por un pico endotérmico en el Termograma en un rango de temperatura entre 60 y 75 °C dependiendo de la fuente botánica del almidón (Coral et al., 2009).

3.2.3. Calor específico

La cantidad de calor (Q) necesaria para variar la temperatura de una masa (m) de una sustancia es proporcional al cambio en su temperatura (ΔT) y a dicha masa, es decir:

$$Q = m * c * \Delta T \dots ec. 1$$

Donde (c) es un coeficiente de proporcionalidad el cual se conoce como calor específico y representa la cantidad de calor necesaria para elevar en 1 °C la temperatura de 1 kg de una sustancia. Las unidades del calor específico en SI son J/(kg·K) o J/(kg·°C). El calor específico es característico del tipo de sustancia. Así, el calor específico nos da una indicación de la configuración molecular interna y de los enlaces de un material. Es una propiedad intensiva pues no depende de la cantidad o el tamaño de la sustancia (Kim et al., 2002).

3.2.4. Análisis Termogravimetría (TG)

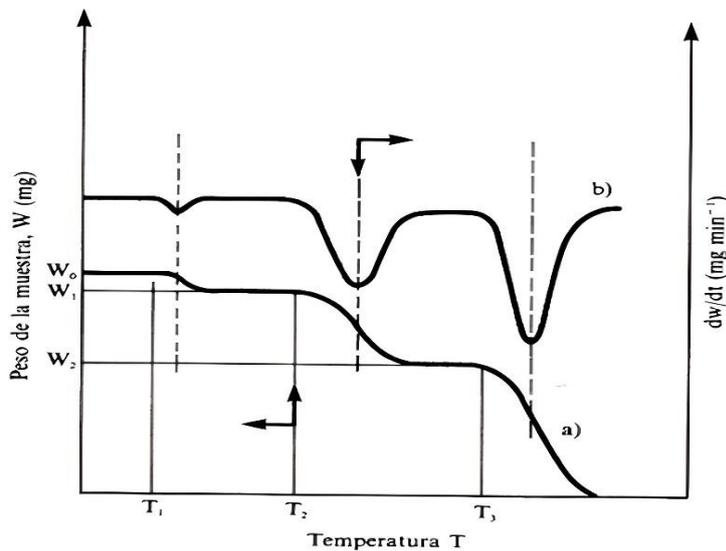
En un análisis de caracterización generalmente se registra de manera continua la masa de la muestra en estudio, como función del tiempo o la temperatura. La representación de la masa o del porcentaje de masa en función del tiempo o de la temperatura se denomina Termograma o curva de descomposición térmica. (Verdonck et al., 1999)

En un análisis termogravimétrico, se mide continuamente la masa de una muestra en un ambiente controlado. En el primer tipo de experimento, conocido como dinámico, la temperatura de la muestra se incrementa de manera controlada (generalmente de forma lineal con el tiempo). En el segundo tipo, llamado isoterma, la temperatura se mantiene constante a lo largo de todo el experimento. La gráfica que muestra la masa o el porcentaje de masa en función del tiempo o la temperatura se conoce como termograma o curva de descomposición térmica. Asimismo, existen otros análisis denominados de termogravimetría diferencial, donde se registra o grafica el cambio de masa o su derivada en relación con la temperatura o el tiempo, según corresponda

al tipo de experimento, ya sea dinámico o isoterma. en la figura 3 se muestra respecto a los tipos de Termogramas a: convencional; b) diferencial (Skoog et al., 2002).

Figura 3.

Termograma diferencial y convencional.



Fuente: (Skoog et al., 2002)

3.3. Propiedades tecnofuncionales

(Ahmed et al., 2012), refiere a los productos que se someten a procesamiento térmico en la mayoría de las demás aplicaciones industriales y alimentarias. Se forman geles de harina al realizar el calentamiento, enfriando y almacenando en exceso de agua.

3.3.1. Solubilidad en agua

Es la cantidad de compuestos solubles que se liberan del almidón tras la cocción y se utiliza habitualmente como un parámetro para evaluar la descomposición molecular. Un índice de solubilidad elevado sugiere una buena digestibilidad del almidón en condiciones in vitro, ya que refleja el grado de gelatinización y dextrinización del mismo (Guha et al., 1997).

3.3.2. Poder de hinchamiento

Es un parámetro que permite observar el incremento del tamaño del gránulo por efecto de la expansión. Según (Ojeda, 2008), está relacionado con el contenido de amilosa

y es un factor fundamental para comprender las transiciones de fase entre muestras. El tamaño del gránulo incrementa al calentarse, y el tamaño del almidón perderá su cristalinidad, y la amilosa puede lixiviar en un gel (Robles, 2012). Donde se evidencia que, al aumentar gradualmente la temperatura, se produce también el incremento del poder de hinchamiento, para cada una de las muestras analizadas. Este índice se determina observando la absorción de agua por parte del almidón y la liberación de fracciones de almidón a medida que la temperatura aumenta (Waterschoot et al., 2015; Ahmed et al., 2012).

3.3.3. Capacidad de absorción de agua (CAA)

La capacidad de absorción de agua de una muestra no depende únicamente de su contenido proteico, ya que también puede ser afectada por la presencia de componentes no proteicos. Tal capacidad depende de las interacciones proteína-agua y agua-agua, y acciones físicas de capilaridad, por lo que una mayor CAA se puede atribuir a la retención física de agua por acción capilar en la nueva estructura formada por agregación de las proteínas (Mwasaru et al., 1999). La presencia de carbohidratos en la harina también contribuye al incremento de la CAA (Inyang y Nwadiwaka, 1992).

3.4. Compuestos bioactivos

Son compuestos presentes en los alimentos que, aunque no son nutrientes esenciales, ofrecen beneficios para la salud. Estas sustancias afectan la actividad celular y los mecanismos fisiológicos del cuerpo, ayudando en la prevención de diversas enfermedades. Los cereales, en particular, son ricos en antioxidantes naturales y fitoquímicos, lo que resalta la importancia de estudiar los compuestos bioactivos, ya que pueden reducir el riesgo de enfermedades como ciertas afecciones cardíacas y cánceres. Protege las células del daño causado por los radicales libres, (Paulino et al., 2013).

3.4.1. Compuestos fenólicos

Son metabolitos secundarios micronutrientes abundantes en nuestra dieta y son aquellos que tienen uno o más anillos aromáticos y al menos un sustituyente hidroxilo, que juegan un papel en la prevención de enfermedades degenerativas como el cáncer

y las cardiovasculares. enfermedad, los efectos beneficiosos de los polifenoles dependen de su ingesta y biodisponibilidad, (Manach et al., 2004).

3.4.2. La capacidad antioxidante

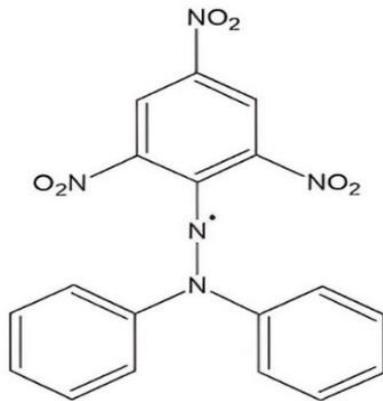
Se refiere a la capacidad de una sustancia para neutralizar los radicales libres y proteger las células del daño. Según Mercado et al. (2013), el proceso de óxido-reducción implica dos etapas clave: primero, la oxidación, donde hay una pérdida de electrones de hidrógeno y una ganancia de oxígeno por parte de la molécula; y, en segundo lugar, la reducción, que permite la adquisición de electrones de hidrógeno y la pérdida de oxígeno. Así, el agente oxidante se reduce al reaccionar con la molécula que está siendo oxidada (Quintanar y Calderón, 2009).

La capacidad antioxidante se puede determinar mediante los métodos ABTS y DPPH Arnao, (2000). Dado que exhiben una excelente estabilidad en ciertas condiciones, también pueden presentar variaciones. El DPPH es un radical libre que puede obtenerse directamente sin una preparación previa, mientras que el ABTS tiene que ser generado tras una reacción que puede ser química (dióxido de manganeso, persulfato potasio,), enzimática (peroxidase, mioglobulina), o también electroquímica (Khokhar y Imeh, 2002). Permite evaluar la actividad de compuestos tanto hidrofílicos como lipofílicos, mientras que el DPPH es soluble únicamente en medios orgánicos. El radical ABTS⁺ tiene la ventaja adicional de mostrar máximos de absorbancia a 754 y 815 nm en soluciones alcohólicas, mientras que el DPPH presenta un pico de absorbancia a 515 nm. (Kim et al., 2002)

El método DPPH Este ensayo fue propuesto originalmente por Brand-Williams. El DPPH (Figura 4) es uno de los pocos radicales orgánicos estables a comparación de ABTS, DMPD, DMPO y FRAP. Presenta una fuerte coloración violeta, es comercialmente disponible. El ensayo se fundamenta en la medición de la capacidad de un antioxidante para estabilizar el radical DPPH, esta medición puede hacerse espectrofotométricamente siguiendo el decaimiento de la absorbancia a 517 nm. El objetivo de una optimización del ensayo DPPH es evaluar la capacidad antioxidante en condiciones normales y comparándolo con dos distintos métodos (Jimenez et al, 2021).

Figura 4.

Estructura química del radical libre metaestable DPPH.

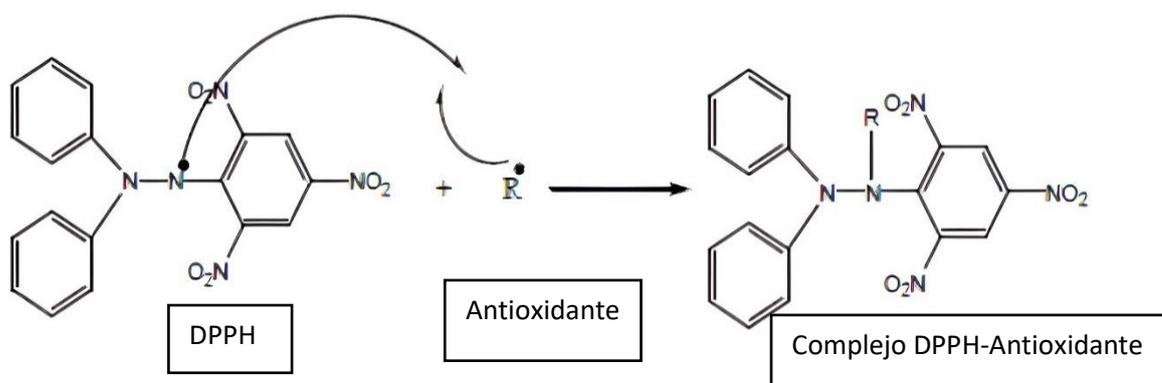


Fuente: (Londoño, 2012)

Los métodos están basados en medir la captación del radical libre DPPH por parte de una estructura antioxidante. Este radical estable muestra un color violeta oscuro en disolución. El electrón desapareado genera un máximo de absorción a 514 nm, lo que le confiere su color morado. Cuando una solución de DPPH se combina con una sustancia que puede donar un átomo de hidrógeno, se forma la variante reducida DPPH-H, lo que provoca un cambio de color de morado a amarillo (ver Figura 5), indicando la capacidad antioxidante del alimento (Jiménez et al, 2021).

Figura 5.

Reacción química del radical libre metaestable DPPH en presencia de un compuesto antioxidante



Fuente: (Londoño, 2012)

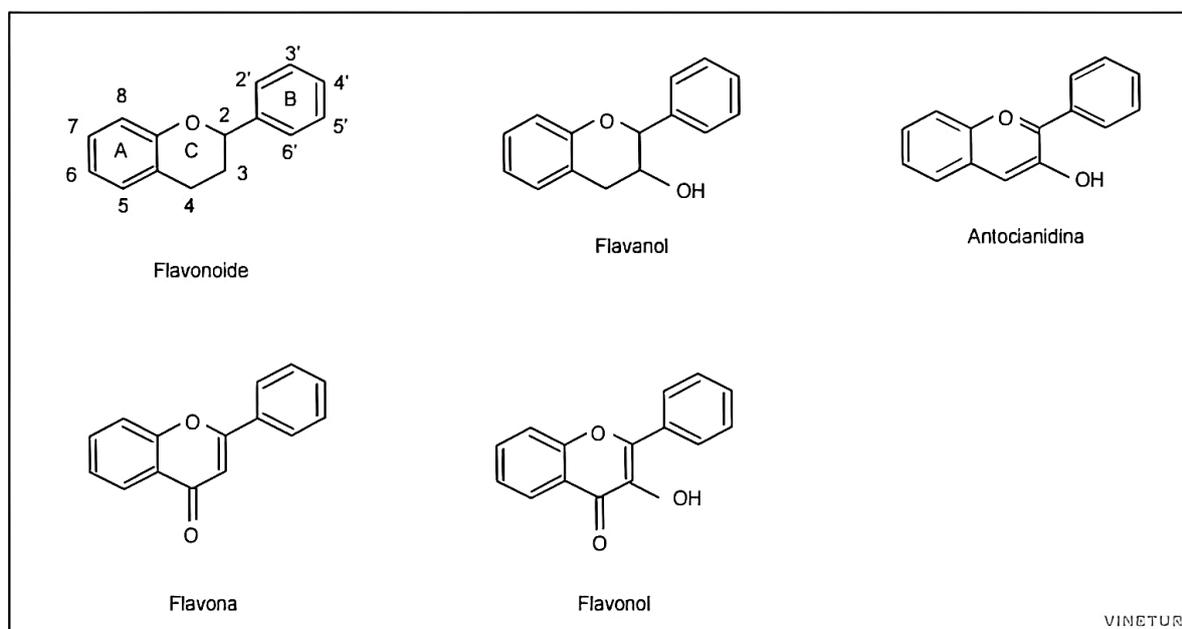
3.4.3. Flavonoides

Son considerados pigmentos que se encuentran en los vegetales y que cuidan al organismo de la oxidación por rayos ultravioletas, contaminación ambiental, sustancias químicas en los alimentos, etc. (Aherne y O'Brien, 2002). También son nitrogenados, y su tamaño estructural depende de su grado de polimerización. Con capacidad de capturar radicales libres y formar complejos con iones metálicos, tienen una actividad antioxidante muy alta; sin embargo, el hecho de que sean poco solubles en lípidos los hace inadecuados para este fin, la rutina y sus metabolitos pueden regular eficazmente la formación de productos finales de glicación avanzada, implicada en muchas patologías (Badui, 2006).

Los flavonoides son compuestos fenólicos de tipo diaril-propánico, lo que significa que su estructura está formada por dos anillos aromáticos (bencénicos) conectados por una cadena de tres carbonos unida a través de un oxígeno, con una composición de C₆-C₃-C₆. Se considera que su estructura se origina a partir de la γ -cromona (o benzo- γ -pirona) con un grupo fenilo en la posición 2, por lo que se les clasifica como 2-fenil- γ -cromonas (Badui, 2006).

Figura 6.

Flavonoides: estructuras básicas y tipos.



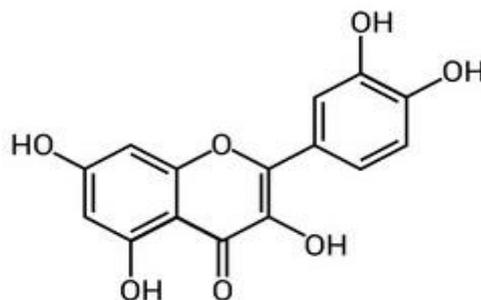
Fuente: (Tuñón et al., 2002)

La quercetina (3,5,7-trihidroxi-2-(3,4-dihidroxifenil)-4Hchromen-4-one) es un flavonoide dietético, que existió ampliamente en alcaparras, chokeberry negro, cebolla, tomate y lechuga (Bischoff, 2008). En las plantas, la quercetina suele estar unida con azúcares, éteres o ácidos fenólicos, etc. Diferentes formas de derivados de quercetina parecen influir en su velocidad de absorción en el intestino delgado y el estómago (Mullen et al., 2008, Walle, 2004).

Químicamente, la quercetina es un flavonoide tricíclico polihidroxiado, que en la naturaleza se encuentra glicosilado formando parte de la rutina (quercetin-3-rutinósido), de la isoquercitrina (quercetin-3-O-glucósido) o de otros glicósidos siendo la aglicona de todos ellos. Los glicósidos flavonoides son considerados como importantes productos medicinales para la prevención o el tratamiento de varias enfermedades y, en algunos países la aglicona aislada es comercializada como suplemento alimentario. Tienen numerosos efectos beneficiosos para la salud humana, incluyendo actividad antitumoral, protección cardiovascular, prevención de las cataratas, efectos antihipertensivos, etc. (Mullen et al., 2008, Walle, 2004).

Figura 7.

Estructura química de la quercetina



Fuente: (Buchweitz et al., 2016)

3.5. Análisis proximal

El análisis aproximado cubre las determinaciones más frecuentes para la composición de los componentes macroscópicos presentes en los alimentos son la humedad, cenizas, extracto etéreo (grasa cruda), proteínas totales, fibra asimilable y carbohidratos, (Horwitz y Latimer, 2006). Además, dependiendo del propósito del

análisis, es importante determinar con respecto a la caracterización de un grupo particular de nutrientes; ese es el caso del análisis de carbohidratos, donde se puede observar la diferencia entre aquellos que se pueden reducir del contenido total. De manera similar, las proteínas solubles pueden analizarse o caracterizarse a partir de lípidos extraídos de los alimentos, (Fon Fay y Zumbado, 2019).

3.5.1. Humedad

Es un parámetro clave que ayuda a determinar la calidad de los granos y sus derivados. Influye no solo en su conservación y en su resistencia al deterioro, sino que también actúa como referencia para la base seca en el análisis bromatológico y en las transacciones comerciales de compra y venta. Por eso, los métodos para su cuantificación son muy diversos, pudiendo ser dispositivos no destructivos para la detección continua en tiempo real en la línea de producción o con técnicas de laboratorio (Bianco et al., 2014).

La disponibilidad del agua durante la degradación del alimento, está gobernada por su cantidad absoluta, así como por las características de difusión de su superficie, la cual está directamente relacionada con la función termodinámica del agua sorbida (Karel, 1976). La velocidad de los cambios fisicoquímicos en alimentos con frecuencia depende del contenido de humedad y de la actividad de agua. (Roos, 1995).

3.5.2. Cenizas

La ceniza se genera a partir de residuos inorgánicos por combustión de la materia orgánica de cualquier producto. El mineral constituyente (ceniza) se quedan en forma de óxidos, sulfatos, fosfatos, silicatos y cloruros, dependiendo de la condición de combustión y de las composiciones de los productos a analizar. Por tanto, determinar los contenidos de la ceniza en alimentos es una medida del contenido total de minerales y sustancias inorgánicas. El contenido de cenizas refleja la cantidad de minerales en las harinas, proporcionando información sobre el grado de contaminación por salvado y otros materiales presentes. La cantidad de cenizas en una muestra puede ofrecer indicios sobre el proceso de molienda, las impurezas de la harina y el porcentaje de extracción. Influye en la calidad y comportamiento de la harina (Fon Fay y Zumbado, 2019).

3.5.3. Proteínas

Son macromoléculas que están formadas principalmente de cadenas lineales de aminoácidos. Tienen propiedades nutricionales y a partir de sus componentes se producen moléculas nitrogenadas que ayudan a mantener la estructura y el crecimiento de quienes las consumen; Asimismo, pueden ser componentes de productos alimenticios y, en virtud de sus propiedades funcionales, contribuir a la estructura y propiedades finales de los alimentos (Badui, 2006).

En cuanto a las proteínas de la kiwicha su composición promedio es de 12 a 16% de proteínas, lípidos, de 2 a 3%, fibra de 3 a 3.5%. Una particularidad más sobresaliente es su alto contenido de lisina, que va de 5 a 6.2 g/100 g de proteína. Al igual que muchos productos de origen vegetal, el amaranto contiene compuestos indeseables que deben eliminarse para incrementar su calidad nutritiva; entre éstos destacan los inhibidores de proteasas y las saponinas. El uso más común de la kiwicha se ha empleado para fabricar otros productos típicos, como galletas, atoles, pinole, etc (Badui, 2006)

3.5.4. Carbohidratos

Los carbohidratos son macronutrientes esenciales que se encuentran en una variedad de alimentos y son la principal fuente de energía para el cuerpo humano. Se pueden clasificar en tres tipos principales: azúcares simples, almidones y fibra. Los carbohidratos, glúcidos o glícidos, son compuestos orgánicos que contienen carbono, oxígeno e hidrógeno en diferentes combinaciones, constituyendo una parte muy importante en la alimentación humana además de generar una gran fuente de energía inmediata, ya que se desdoblan de manera muy rápida, formando grandes cadenas de glucógeno, el cual se transforma en glucosa en el momento en el que el organismo requiere energía., pero además de proporcionar glucosa, forman cantidades mínimas de fructuosa y galactosa, estas últimas no son azúcares esenciales (Badui, 2006).

Los carbohidratos se encuentran en forma de gránulos de almidón, actuando como productos de reserva de energía, y también han sido observados segregados por microalgas en su medio de cultivo. En ciertos géneros, el polisacárido presenta una cadena central de glucosas unidas por enlaces α (1-4), con ramificaciones que se conectan mediante enlaces α (1-6), lo que lo asemeja a la subunidad de amilopectina

del almidón. Sin embargo, los grados y forma de polimerización de los glucanos es variada, dando origen a productos tales como el paramilón o la crisolaminarina, que se describen como polímeros que presentan diferentes tamaños y tiene en común la unión por enlaces glucosídicos β , por lo que se conocen como β -glucanos (Espinoza-Gallardo et al., 2017).

3.5.5. Grasas

Las grasas y los aceites comúnmente conocidos como lípidos, estas sustancias están presentes principalmente en vegetales y animales que están compuestas principalmente (97-98%) por triglicéridos. Se trata de una estructura esterificadas de tres ácidos grasos superiores dentro de la cadena grasa de alcoholes poliatómicos de tres átomos de carbono. Se llama glicerina o glicerol (Fon Fay y Zumbado, 2019).

3.5.6. Fibra

Son polisacáridos vegetales totales. Las fibras están compuestas principalmente por carbohidratos complejos. A partir de la fermentación bacteriana realizada en el colon por microorganismos anaerobios, se producen ácidos grasos volátiles de cadena corta (acético, propiónico y butírico) y algunos gases (hidrógeno, CO₂ y CH₄), que se ha demostrado que afecta a la función digestiva y puede ser asociados a determinadas enfermedades, además de encontrar determinadas aplicaciones terapéuticas (Fon Fay y Zumbado, 2019).

3.6. Marco conceptual

Harina de Kiwicha

Es el polvo fino que se obtiene de granos molidos que contienen un alto contenido de almidón, se puede obtener harina de diversos tipos de cereales. Aunque la más habitual es harina de trigo (Stewart, 2019).

Comportamiento térmico

Se refieren a las características de los materiales relacionadas con su capacidad para conducir, transferir o resistir el calor. Algunas propiedades térmicas comunes incluyen la conductividad térmica, la capacidad calorífica y la expansión térmica (Barron, 1999).

Entalpía de gelatinización

Definida como la energía requerida por los granos del almidón para realizar el proceso de gelatinización (Carbajal et al., 2013).

La capacidad calorífica

Es la cantidad de calor que un material puede almacenar. Se refiere a la cantidad de energía térmica necesaria para elevar la temperatura de una determinada cantidad de material en una cantidad específica (Barron, 1999).

propiedades tecnofuncionales

Son características de los alimentos que afectan su comportamiento y desempeño durante la producción, procesamiento, almacenamiento y consumo (Morris, 2008).

Poder de Hinchamiento

Es un parámetro que permite observar el incremento del tamaño del gránulo por efecto de la expansión (Ojeda, 2008).

Compuesto bioactivo

Se conocen a los compuestos bioactivos como nutraceuticos, son aquellos compuestos esenciales y no esenciales. Además, son sustancias químicas que se encuentran en pequeñas proporciones en productos de origen vegetal y en alimentos ricos en lípidos (Gámez, 2020).

Fenoles totales

Los compuestos fenólicos son un grupo muy diverso de metabolitos secundarios que se caracterizan por poseer uno o más grupos hidroxilo (-OH), de reacción ácida, unidos a un anillo aromático (grupo fenol) (Bowsheer et al., 2008).

Capacidad Antioxidante

Los antioxidantes son moléculas capaces de prevenir o retardar la oxidación de moléculas biológicas como proteína, lípidos y ácidos nucleicos; cuyas reacciones se producen en los alimentos y en el organismo (Book et al., 2018).

Flavonoides

Los flavonoides denotan de un grupo muy amplio de compuestos polifenólicos caracterizados por una estructura benzo- γ -pirano, los cuales están ampliamente distribuidos en el reino vegetal y se encuentran de forma universal en las plantas vasculares, en forma de glicósidos (Cartaya, 2001).

Los metabolitos secundarios

Son aquellos compuestos orgánicos sintetizados por el organismo que no tienen un rol directo en el crecimiento o reproducción de este (Wink, 2010).

Humedad

Es uno de los parámetros que ayudan en regular la calidad de granos y sus derivados (Bradley, 2010).

Carbohidratos.

Los carbohidratos son compuestos orgánicos formados principalmente por carbono, hidrógeno y oxígeno, y son una de las principales fuentes de energía para los seres vivos (Hill y Nelson, 2010).

Proteínas

Las proteínas son macromoléculas compuestas por cadenas de aminoácidos, que están unidas por enlaces peptídicos. Desempeñan una variedad de funciones cruciales en los organismos vivos, incluyendo la catalización de reacciones metabólicas (enzimas), la regulación de procesos biológicos (Nelson y Cox, 2017).

Cenizas

Las cenizas son los residuos inorgánicos que quedan después de la quema completa de un material orgánico (Kretzschmar, 1999).

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Lugar de ejecución

La investigación se realizó en los laboratorios de la Universidad Nacional José María Arguedas, específicamente en el Laboratorio de Investigación Agroindustrial (LIA), situado en la sede de Santa Rosa, en la Av. 28 de Julio N° 1103, Distrito de Talavera, Provincia de Andahuaylas. Además, se enviaron muestras de harina de Kiwicha al laboratorio de análisis químico de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, que se encuentra en el departamento de Cusco.

4.2. Identificación de las variables

4.2.1. Variables dependientes e independientes

En la Tabla 3, se encuentran las variables que no están relacionadas entre sí y aquellas que dependen una de otras

Tabla 3.

Operacionalización de variables

Variable	Dimensiones	indicadores	Escala de medición	Instrumentos / métodos	Fuente
Independiente					
Harina obtenida de kiwicha de tres variedades	Harina	Granulometría	μm	Agitador de tamiz	CODEXS, 1985
Dependiente					
	Temperatura de gelatinización	Tgel	°C	Calorímetro/ Térmico	
	Entalpia de gelatinización	ΔEgel	J/g	Calorímetro/ Térmico	Jiang et al., (2012)
Comportamiento térmico	Transición vítrea	Tg	°C	Calorímetro/ Térmico	
	Calor específico	Cp	J/g. °C	Calorimetría/ Térmico	
	Temperatura de descomposición	Td	°C	Calorímetro/ Gravimétrico	Londoño et al., (2014)

Variable	Dimensiones	indicadores	Escala de medición	Instrumentos / métodos	Fuente
Propiedades tecnofuncionales	Capacidad de absorción de agua	CAA	g/g	Balanza analítica/gravimétrico	Gani et al., (2014)
	Poder de hinchamiento	PH	g/g	Balanza analítica/gravimétrico	
	Solubilidad en agua	SA	%	Balanza analítica/gravimétrico	
Compuestos bioactivos	Fenoles totales	FT	mg GAE/100 g	Espectrofotométrico	Kim y Lee (2002)
	Capacidad antioxidante	CAX (DPPH)	μmol TE/100 g	Espectrofotométrico	Brand et al., (1995)
		CAX (ABTS)	μmol TE/100 g	Espectrofotométrico	Rivas et al., (2020)
	Flavonoides	FL	mg quercetina / 100 g	Espectrofotométrico	Popova et al., (2004)
Análisis proximal	Humedad	HU	%	AOAC 964.22	A.O.A.C
	Proteína	PR	%	AOAC 955.04	
	Grasa	GR	%	AOAC 920.39	
	Ceniza	CE	%	AOAC 942.09	
	Fibra	FI	%	AOAC 962.05	
	Carbohidratos	CAR	%	Intervalo de razón	

4.3. Materiales, instrumentos, equipos y reactivos

4.3.1. Materiales de laboratorio

Los materiales empleados en el estudio se describen en la Tabla 4.

Tabla 4.

Materiales utilizados en el laboratorio de Investigación Agroindustrial

Nº	Material	Cantidad
1.	Charolas de aluminio Tzero	3 unidades

Nº	Material	Cantidad
2.	Placa Petri	45 unidades
3.	Picetas	3 unidades
4.	Espátula	3 unidades
5.	Microplas	2 unidades
6.	Pinzas	2 unidades
7.	Gradilla	6 unidades
8.	Micro pipetas automatizadas de 20 µL	1 unidad
9.	Micro pipetas automatizadas de 200 µL	1 unidades
10.	Micro pipetas automatizadas de 100 a 1000 µL	1 unidades
11.	Micro pipetas automatizadas de 1000 a 5000 µL	1 unidades
12.	Probeta de 50 ml	6 unidades
13.	Vaso de precipitado de 500 mL	3 unidades
14.	Vaso precipitado de 250 mL	3 unidades
15.	Vaso precipitado de 100 mL	6 unidades
16.	Fiola de 10 mL	3 unidades
17.	Fiola de 25 mL	3 unidades
18.	Fiola de 50 mL	1 unidad
19.	Fiola de 500 mL	1 unidad
20.	Guantes de nitrilo	1 caja
21.	Embudo de vidrio	1 unidad
22.	Bolsas de polietileno cierre hermético 10x12	9 unidades
23.	Bolsas de polietileno cierre hermético 4x5	18 unidades

Nº	Material	Cantidad
24.	Hisopos	1 caja
25.	Puntas para micropipetas capacidad 20 µL	27 unidades
26.	Puntas para micropipetas capacidad 200 µL	27 unidades
27.	Papel tissue	
28.	Goteros	3 unidades
29.	Tubos falcon de 15 ml	45 unidades
30.	Tijeras	1 unidad
31.	Cinta	1 unidad
32.	Rotulador	1unidad
33.	Papel toalla	3 unidades
34.	Papel film	1 rollo
35.	Tubo eppendorf	9 unidades

4.3.2. Equipos de laboratorio

Los equipos empleados en el estudio se describen en la Tabla 5.

Tabla 5.

Equipos utilizados en el laboratorio de Investigación Agroindustrial

Nº	Instrumentos y Equipos	Cantidad	Marca
1.	Calorímetro diferencial de barrido	01	DSC2500
2.	Analizador termogravimétrico	01	TGA550
3.	Balanza analítica	01	RADWAG
4.	Baño isotermico	01	DL 108 LC
5.	Centrífuga	01	SIGMA 2-16KL
6.	Estufa	01	MEMMERT

Nº	Instrumentos y Equipos	Cantidad	Marca
7.	Agitador vórtex	01	IKA vortex 3
8.	Refrigeradora	01	ARCTIKO
9.	Prensa Tzero	01	TZERO PRESS
10.	Lector multimodal de micro placas	01	SYNERGY H1
11.	Sonicador	01	BRANSONIC 5800
12.	Campana extractora de gases	01	BIOBASE
13.	Tamizadora	01	ADVANTECH
14.	Purificador de agua	01	PURELAB
15.	Destiladora de agua	01	GFL
16.	Molino de disco	01	MAQORITO

4.3.3. Reactivos de laboratorio

Los reactivos empleados en el estudio se especifican en la Tabla 6.

Tabla 6.

Reactivos utilizados para la determinación de compuestos bioactivos

Nº	Reactivos	Cantidad
1.	Agua destilada	10 litros
2.	Metanol al 99%	2 litros
3.	Reactivo Trolox (Ácido-6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcroman-2-carboxílico)	1 g
4.	Radical libre DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil)	1 g
5.	Radical libre ABTS 2,2'-azino-di-(3-ethylbenzthiazoline sulfonic acid)	1 g
6.	Persulfuro potásico	1 g
7.	Folin-Ciocalteu	500 mL
8.	Carbonato de sodio	50 g
9.	Ácido gálico	50 g
10.	Quercetina	100 g
11.	Cloruro de aluminio	500 g
12.	Etanol de 96 %	1 litro

13. Alcohol isopropílico	500 mL
14. Agua ultra pura	10 litros

4.4. Población y muestra

4.4.1. Población

La población estuvo compuesta por 5 kg de harinas obtenidas de kiwicha específicamente de las variedades Centenario, Frondosa y Oscar blanco, adquiridos del Fundó Huampica de la provincia de Andahuaylas.

4.4.2. Muestra

La muestra estuvo conformada por 1 kg de harinas obtenidas de kiwicha por cada variedad (Centenario, Frondosa y Oscar blanco) del tamiz #100 (150 μ m) y según el procedimiento para el comportamiento térmico, propiedades tecnofuncionales, compuestos bioactivos y análisis proximal, fueron muestreados y preparados correspondiente mente y el tamaño de muestra se determinó de forma no probabilística, siendo intencional o de juicio.

4.4.3. Unidad de análisis

Para cada propiedad en estudio, se tomaron 500 g de harina obtenidas de Kiwicha de las variedades Frondosa, Centenario y Oscar blanco, y las cantidades utilizadas se describen en los métodos de análisis.

4.5. Tipo de investigación

4.5.1. Investigación básica

Corresponde a una investigación Básica, debido a que está orientado a generar nuevos conocimientos al evaluar el comportamiento térmico, las propiedades tecno funcionales, los compuestos bioactivos y el análisis proximal de harinas obtenidas de Kiwicha (*Amaranthus caudatus*) de tres variedades.

4.5.2. Según el objeto de estudio

4.5.2.1. Explicativa

Porque se explicarán los resultados obtenidos sobre el comportamiento térmico, las propiedades tecnofuncionales, los compuestos bioactivos y el análisis proximal de las harinas obtenidas de kiwicha (*Amaranthus caudatus*), comparándolos con estudios previos y con conceptos científicos y tecnológicos.

4.5.3. Según el tipo de datos empleados

4.5.3.1. Cuantitativa

Se obtuvieron y registraron datos numéricos sobre el comportamiento térmico, las propiedades tecnofuncionales, los compuestos bioactivos y el análisis proximal de las harinas obtenidas de kiwicha (*Amaranthus caudatus*) mediante el uso de instrumentos de laboratorio. Estos datos permitieron contrastar las hipótesis planteadas a través de análisis estadísticos.

4.6. Metodología experimental

4.6.1. Descripción del proceso de obtención de la harina de Kiwicha

Se consideró la metodología propuesta por Alemán (2022), con algunas modificaciones para la obtención de harina de Kiwicha (Figura 8).

- a) Recepción de materia prima:** Se recepcionó granos secos de kiwicha de las variedades Centenario, Frondosa y Oscar blanco, procedentes del fundo Huampica de la provincia de Andahuaylas.
- b) Pesado:** Se pesaron 5 kg de granos kiwicha seca por variedad, la cual consistió en colocar los granos previamente limpios en una balanza de precisión para medir el peso exacto.
- c) Selección y clasificación:** Los granos fueron seleccionados y clasificados para eliminar impurezas (piedras pequeñas, tallos y pajas) y granos dañados para garantizar que solo los granos de la misma variedad sean utilizados en la obtención de la harina.
- d) Molienda:** Se procedió a moler la materia prima utilizando un molino de discos a una velocidad de 1420 rpm, con el objetivo de triturar y obtener partículas pequeñas.
- e) Tamizado:** En esta operación, se utilizó el tamiz ADVANTECH para separar las partículas de mayor tamaño. Luego, se tomó el tamiz de la malla N° 100 (150 μ m), que contiene partículas homogéneas y finas.

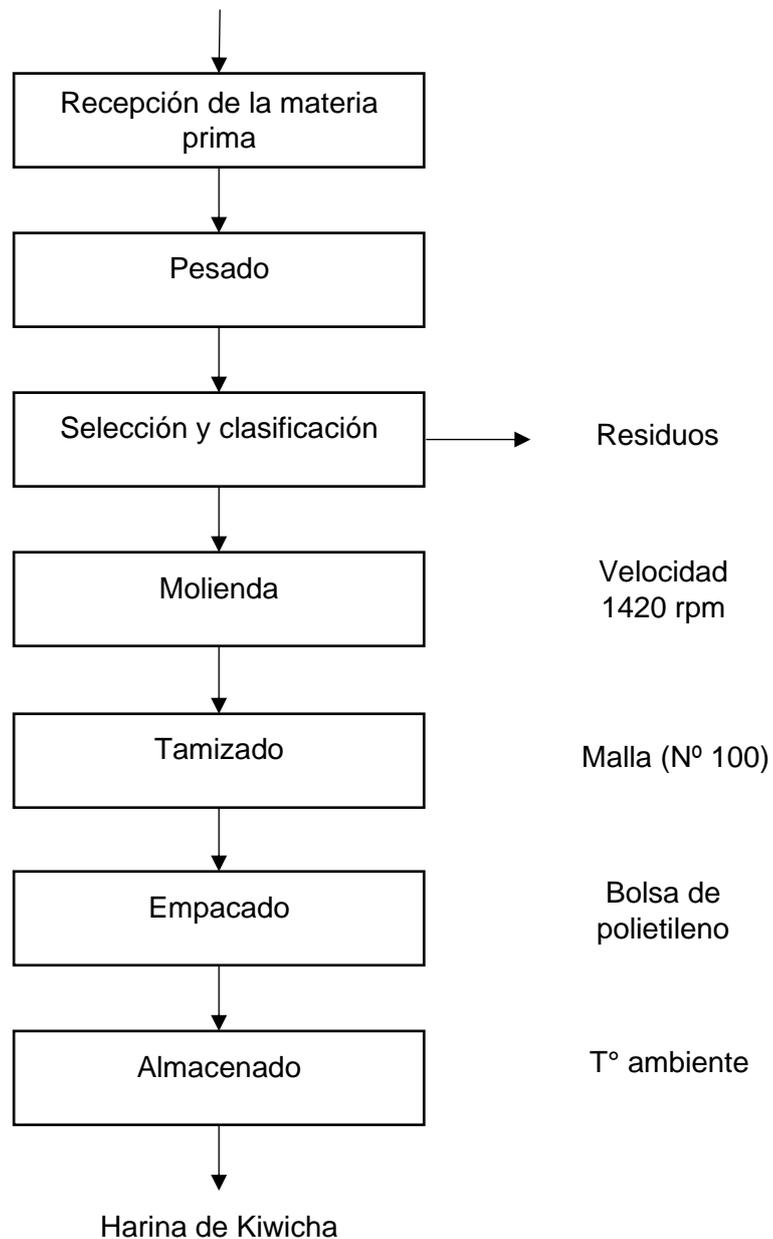
- f) **Empacado:** Se utilizó una bolsa de polietileno de cierre hermético, con la finalidad de evitar la contaminación y la absorción de humedad del ambiente.
- g) **Almacenado:** Finalmente la harina envasada se almaceno en un lugar seco y fresco, hasta su posterior análisis.

4.6.2. Diagrama de bloques para la obtención de harina de Kiwicha

Figura 8.

Diagrama de bloques cualitativo para la obtención de harina de Kiwicha

Granos de Kiwicha (Centenario, Frondosa, Oscar blanco)



4.7. Método de análisis

Los métodos empleados para el desarrollo de este trabajo de investigación se detallan por objetivos de la siguiente manera:

4.7.1. Determinación del comportamiento térmico de las harinas obtenidas de kiwicha

4.7.1.1. Temperatura de gelatinización, entalpia de gelatinización, transición vítrea y calor específico

Para la evaluación primero se determinó mediante un calorímetro de barrido diferencial (DSC), utilizando el método descrito por Jiang et al. (2012).

Se pesó 10 mg de muestra en un tubo Eppendorf y se añadieron 20 μ L de agua destilada en una proporción de 1:2 para formar una suspensión pastosa. Luego, se tomó 7 mg del gel formado y se colocó en un crisol de aluminio, el cual se selló utilizando una prensa Tzero. Se programó un calentamiento desde los 20 °C a 130 °C, con una velocidad de rampa de 5°C/min. La temperatura de inicio de gelatinización (T_0), la temperatura pico (T_p), la temperatura final (T_f), variación de entalpia de gelatinización (ΔH), calor específico (C_p) y la transición vítrea se calcularon con el software del equipo TA Instruments TRIOS, asimismo para graficar los Termogramas se usó el software Origin 2024 Ink.

4.7.1.2. Descomposición térmica

Para la descomposición térmica de la harina, se utilizó un analizador termogravimétrico (TGA) siguiendo la metodología propuesta por Londoño et al. (2014). Se pesaron aproximadamente 10 mg de harina de cada variedad en charolas de aluminio. Las condiciones instrumentales consistieron en un calentamiento desde temperatura ambiente 25°C hasta 600°C a una velocidad de rampa de 10°C/min en un ambiente de nitrógeno, utilizando un flujo constante de 50 mL/min. Mediante el uso del software del equipo TA Instruments TRIOS se calcularon las descomposiciones térmicas, la derivada en función al tiempo (DTGA) y se utilizó el software Origin 2024 Ink para graficar los Termogramas.

4.7.2. Determinación de las propiedades tecnofuncionales de las harinas obtenidas de kiwicha

4.7.2.1. Poder de hinchamiento (PH), solubilidad en agua (%) y capacidad de absorción de agua (CAA)

Se utilizaron el método descrito por Gani et al. (2014) para determinar el poder de hinchamiento, la solubilidad en agua y la capacidad de absorción de agua. En un tubo falcon, se pesaron 0.2001 g de muestras de harina de las variedades Centenario, Frondosa y Oscar blanco. Luego se mezclaron con 12 ml de agua destilada y se agitaron en un vortex a 2000 rpm hasta que la muestra se disolviera por completo. Posteriormente, el tubo se colocó en un baño isotérmico durante 30 minutos a temperatura de 60 °C. Después, se centrifugó durante 30 minutos a 5000 rpm a una temperatura de 4°C. El sobrenadante se retiró en placas Petri y se secó en una estufa a 90°C durante 24 horas para pesar el precipitado. Finalmente, para los cálculos del poder de hinchamiento, la solubilidad en agua y la capacidad de absorción de agua se usaron las ecuaciones 2, 3 y 4.

$$PH = \frac{M_1 \text{gel (g)}}{M_0 \text{harina (g)} - M_2 \text{sobrenadante seco (g)}} \dots ec. 2$$

$$SA(\%) = \frac{M_2 \text{sobrenadante seco (g)}}{M_0 \text{harina (g)}} \dots ec. 3$$

$$CAA = \frac{M_1 \text{gel (g)}}{M_0 \text{harina (g)}} \dots ec. 4$$

Donde:

M₀: peso de la harina (g).

M₁: peso del gel (g).

M₂: peso del sobrenadante en seco (g).

4.7.3. Determinación de los compuestos bioactivos de las harinas obtenidas de kiwicha

Extracción metanólica de las harinas para determinar compuestos bioactivos:

- Se pesaron 2 g de cada muestra de harina obtenida de kiwicha en tubos Falcon cubiertos con material oscuro, y se les añadieron 10 ml de metanol al 80 %.
- Se sometieron a agitación en un vortex durante 1 min. a 2500 rpm, y se dejaron reposar durante 24 horas en refrigeración a 2 °C.
- Se colocaron en un baño sonicador durante 10 min.
- Finalmente se centrifugó a 10000 rpm durante 15 min a 10 °C.

Se debe tener en cuenta que estos extractos se utilizan para evaluar los compuestos fenólicos, capacidad antioxidante por DPPH y ABTS⁺ y los compuestos flavonoicos.

4.7.3.1. Fenoles totales

Los fenoles totales en las harinas se determinaron utilizando la metodología descrita por Kim y Lee (2002), con algunas modificaciones.

a. Preparación de soluciones.

- 1 mL de Folin-Ciocalteu a 0.2 N, diluido en 9 mL de agua ultrapura en un tubo Falcon cubierto con material oscuro. Esta solución se almacena a 4 °C.
- 3.75 g de Carbonato de sodio y se disolvieron en 25 mL de agua ultrapura.
- 25 mg de ácido gálico, los cuales se disolvieron en 250 mL de agua ultrapura, obteniendo una concentración de 100 mg/L.

b. Construcción de la curva de calibración.

Seguidamente, se procedió a construir la curva de calibración utilizando un Lector Multi-Modal de Microplacas Synergy H1. Para esto, se prepararon soluciones de ácido gálico en distintas concentraciones, que van desde 0.01 mg/ml hasta 0.1 mg/ml, como se detalla en la Tabla 7.

Tabla 7.

Diluciones para concentraciones de ácido gálico

Concentración (mg/mL)	μL de ácido de gálico (0.1 mg/mL)	Agua ultra pura (μL)
0.01	100	900
0.02	200	800
0.04	400	600
0.06	600	400
0.08	800	200
0.1	2000 (0.5)	8000

c. Lectura de muestras.

Para las lecturas de las muestras se tomaron 50 μL de la alícuota y se colocaron en los pocillos de la microplaca. Luego, se añadieron 100 μL Folin-Ciocalteu y 100 μL de carbonato de sodio. Para el blanco, se utilizó la misma formulación, pero en lugar de la muestra se agregó agua ultrapura. Se dejó reaccionar por 15 min. Por último, se programó el lector multimodal de placas a una agitación de máxima intensidad durante 10 segundos, incubación durante 30 minutos y se leyó la absorbancia a 725 nm. Con los datos obtenidos de la absorbancia se determinaron los valores de fenoles y se expresaron en mg GAE/ 100 g.

4.7.3.2. Capacidad antioxidante

Para determinar la capacidad antioxidante de las harinas obtenidas de kiwicha se usó el método DPPH y ABTS⁺

Método DPPH: Se empleó el procedimiento descrito por Brand-Williams et al. (1995), con algunas modificaciones.

a. Preparación de soluciones.

- 12 mg de DPPH que se disolvieron en 10 mL de MeOH al 80 % en una fiola protegida de la luz con material oscuro. Esta solución se almacenó a 2 °C. Posteriormente, se midió la absorbancia, obteniendo un valor de 1.09 ± 0.02 , utilizando el Lector Multi-Modal de Microplacas a una longitud de onda de 520 nm.

- 20 mg de Trolox diluidos en 10 mL de MeOH al 80% en una fiola, obteniendo una concentración de 7994.73 $\mu\text{mol/L}$.

b. Construcción de la curva de calibración

Para ello se ajustó la concentración inicial de trolox a 300 $\mu\text{mol/L}$ tomando 375.2 μL de la concentración inicial y ajustando el volumen a 9644.8 μL con metanol al 80%. A partir de esta concentración madre, se prepararon soluciones con concentraciones de 50.1 a 200.1 $\mu\text{mol/L}$, como se detalla en la Tabla 8.

Tabla 8.

Diluciones de Trolox a diferentes concentraciones.

Solución madre Trolox (μL)	Metanol (μL)	Concentración ($\mu\text{mol/L}$)
667	333	200.1
583	417	174.6
500	500	150
417	583	125.1
333	667	99.9
250	750	75
167	833	50.1

c. Lecturas de las muestras.

Se tomaron 14 μL de los extractos de la muestra por cada variedad y se añadieron 261 μL de DPPH. Para el blanco, se utilizó la misma formulación, pero en lugar de muestra se agregó metanol. Se programó el Lector Multi-Modal de Microplacas a una agitación de máxima intensidad durante 10 segundos, incubación durante 15 min a temperatura ambiente y se leyó la absorbancia a 515 nm. Utilizando los datos de absorbancia obtenidos, se determinaron los valores de la capacidad antioxidante, expresados como $\mu\text{mol ET/ 100 g}$.

Método ABTS ⁺: se utilizó la metodología descrita por Rivas et al. (2020), con algunas modificaciones.

a. Preparación de soluciones.

- 192 mg de ABTS, que se disolvieron en 50 mL de agua ultrapura en un frasco oscuro para protegerlo de la luz, logrando una concentración de 7 mM.
- 16.5 mg de persulfato de potasio que se disolvieron en 25 mL de agua ultrapura, alcanzando así una concentración de 2.45 mM.
- La solución de ABTS fue radicalizada añadiendo 500 μ L de la solución de persulfato de potasio, permitiendo que reaccionara durante 12 horas a temperatura ambiente, lo que resultó en una solución de ABTS+ radicalizado, con una absorbancia de 0.7 ± 0.1 .

b. Construcción de la curva de calibración.

Para ello se usó las concentraciones que se muestran en la tabla 9.

Tabla 9.

Diluciones de Trolox a diferentes concentraciones para el ensayo con ABTS+

Solución madre Trolox (μ L)	Metanol (μ L)	Concentración (μ mol/L)
667	333	200.1
583	417	174.6
500	500	150
417	583	125.1
333	667	99.9
250	750	75
167	833	50.1

c. Lecturas de las muestras.

Se tomaron 32 μ L de la alícuota de la muestra por cada variedad y se añadieron 290 μ L de ABTS+. Para el blanco, se utilizó la misma formulación, pero en lugar de la muestra se agregó 32 μ L de metanol. Se programó el Lector Multi-Modal de Microplacas a una agitación de máxima intensidad durante 10 segundos, incubación durante 15 min a temperatura ambiente y se leyó la absorbancia a 734 nm. Utilizando

los datos de la absorbancia obtenidos, se determinaron los valores de la capacidad antioxidante por ABTS+ en $\mu\text{mol ET}/100\text{ g}$.

4.7.3.3. Flavonoides

Para determinar el contenido de flavonoides en las harinas obtenidas de Kiwicha en las tres variedades, se utilizó el método de Popova et al. (2004) con algunas modificaciones.

a. Preparación de soluciones.

- 2.5 g de cloruro de aluminio, que se disolvieron en 50 mL de etanol al 70%.
- 100 mg de quercetina que se disolvieron en 10 mL de metanol al 80%, lo que generó una concentración de 10 mg/mL (solución madre).

b. Construcción de la curva de calibración.

Se uso la solución madre de quercetina, de la cual se elaboraron diluciones con concentraciones que oscilan de 0.05 a 0.30 mg/mL para construir la curva de calibración, tal como se muestra en la Tabla 10.

Tabla 10.

Dilución de quercetina a diferentes concentraciones para flavonoides

Concentración (mg/mL)	V. Solución madre (mL)	V. Metanol 80%(mL)
0.05	0.5	9.95
0.10	1	9.90
0.15	1.5	9.85
0.20	2	9.80
0.25	2.5	9.75
0.30	3	9.70

c. Lecturas de las muestras.

Se tomaron 4.5 μL de la alícuota de la muestra por cada variedad y se añadieron 290 μL de metanol al 80% con 6 μL de cloruro de aluminio. Para el blanco, se incorporó 4.5 μL agua ultrapura en lugar de muestra. Se dejo que reaccione por 15 minutos,

evitando la presencia de la luz para evitar reacciones. Por último, se programó el Lector Multi-Modal de Microplacas para agitar a máxima intensidad durante 30 segundos, incubación durante 30 min a temperatura ambiente y se leyó la absorbancia a 425 nm. Utilizando los datos de absorbancia obtenidos, se determinaron los valores de flavonoides expresados en mg quercetina / 100 g.

4.7.4. Determinación del análisis proximal de las harinas obtenidas de kiwicha

4.7.4.1. Humedad, proteína, grasa, ceniza, fibra y carbohidrato

El análisis proximal se llevó a cabo en el laboratorio de análisis fisicoquímico de los alimentos de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco.

Se realizaron los análisis proximales siguiendo los métodos estándar de la Asociación de Químicos Analíticos Oficiales (A.O.A.C). La humedad se determinó secando la muestra en un horno de convección forzada hasta alcanzar un peso constante (AOAC 964.22). La proteína se obtuvo utilizando el método de Kjeldahl, que consiste en la destrucción de la materia orgánica con ácido sulfúrico concentrado (AOAC 955.04). La grasa se extrajo utilizando éter de petróleo en un extractor Soxhlet (AOAC 920.39). La ceniza se determinó mediante la ignición de la muestra a 600 °C en un horno de mufla (AOAC 942.05), y la fibra se determinó mediante la ignición del residuo seco después de la digestión de la muestra con ácido sulfúrico e hidróxido de sodio (AOAC 962.05). Los carbohidratos se determinaron por diferencia según la ecuación 6.

$$\text{Carbohidratos} = 100 - (\text{humedad} + \text{proteína} + \text{grasa} + \text{ceniza} + \text{fibra}) \dots \text{ec. 6}$$

4.8. Diseño experimental (variables y pruebas estadísticas)

Para la evaluación del comportamiento térmico, se determinó mediante la obtención de Termogramas, las cuales fueron interpretadas mediante el software del equipo TA Instruments TRIOS. En la Tabla 11 se muestra la matriz de diseño que incluye las variables independientes y dependientes.

Tabla 11.

Matriz de diseño para comportamiento térmico de las harinas.

Variable independiente	Variable dependiente
	Temperatura de gelatinización, entalpía de gelatinización, calor específico,

	transición vítrea y temperatura de descomposición.
Harina obtenida de kiwicha variedad Centenario	K1, 1A
Harina obtenida de kiwicha variedad Frondosa	K2, 1A
Harina obtenida de kiwicha variedad Oscar Blanco	K3, 1A

Nota: la matriz de diseño fue propuesto por Gutiérrez, (2008) con algunas modificaciones, k1: harina obtenida de kiwicha variedad Centenario, k2: harina obtenida de Kiwicha variedad Frondosa, k3: harina de Kiwicha variedad Oscar blanco y A: estudio del comportamiento térmico.

Para el estudio de las propiedades tecnofuncionales, compuestos bioactivos y el análisis proximal, se aplicó el diseño experimental completamente al azar (DCA). La cual se aprecia en las Tablas 12, 13 y 14 lo cual se muestra en la matriz de diseño que incluye las variables independientes y dependientes.

Tabla 12.

Matriz de diseño para propiedades tecnofuncionales de las harinas.

Variable independiente	Variable dependiente
	Poder de hinchamiento, solubilidad en agua y Capacidad de absorción de agua.
Harina obtenida de kiwicha variedad Centenario	K1,1B
	K1,2B
	K1,3B
Harina obtenida de kiwicha variedad Frondosa	K2,1B
	K2,2B
	K2,3B
Harina obtenida de kiwicha variedad Oscar Blanco	K3,1B
	K3,2B

Variable dependiente	
Variable independiente	Poder de hinchamiento, solubilidad en agua y Capacidad de absorción de agua.
	K3,3B

Nota: la matriz de diseño fue propuesto por Gutiérrez, (2008) con algunas modificaciones, k1: harina obtenida de Kiwicha variedad Centenario, k2: harina obtenida de Kiwicha variedad Frondosa, k3: harina de Kiwicha variedad Oscar blanco y B: estudio de las propiedades tecnofuncionales.

Hipótesis estadística para las propiedades tecnofuncionales

Para contrastar las pruebas, se realizó un análisis de varianza (ANOVA), que es una técnica que permite separar la variación total en las partes con las que contribuye cada fuente de variación en el experimento (Gutiérrez y De la Vara, 2012). La prueba de hipótesis se realizó con un nivel de significancia del 5%. Seguidamente se consideraron los siguientes supuestos:

Hipótesis nula (H_0): El poder de hinchamiento, la solubilidad en agua y la capacidad de absorción de agua no muestran diferencias estadísticamente significativas entre las harinas obtenidas de kiwicha de las tres variedades.

$$H_0: K1 = K2 \dots = Kn = k$$

Hipótesis alterna (H_a): El poder de hinchamiento, la solubilidad en agua y la capacidad de absorción de agua muestran diferencias estadísticamente significativas entre las harinas obtenidas de kiwicha de las tres variedades.

$$H_a: Ki \neq Kj \text{ para algún } i \neq j$$

Tabla 13.

Matriz de diseño para compuestos bioactivos de las harinas.

Variable dependiente	
Variable independiente	Fenoles totales, capacidad antioxidante y flavonoides.

	K1,1C
Harina obtenida de kiwicha variedad Centenario	K1,2C
	K1,3C
	K2,1C
Harina obtenida de kiwicha variedad Frondosa	K2,2C
	K2,3C
	K3,1C
Harina obtenida de kiwicha variedad Oscar Blanco	K3,2C
	K3,3C

Nota: la matriz de diseño fue propuesto por Gutiérrez, (2008) con algunas modificaciones, k1: harina obtenida de Kiwicha variedad Centenario, k2: harina obtenida de Kiwicha variedad Frondosa, k3: harina de Kiwicha variedad Oscar blanco y C: estudio de los compuestos bioactivos.

Hipótesis estadística para los compuestos bioactivos

Para contrastar las pruebas, se realizó un análisis de varianza (ANOVA), que es una técnica que permite separar la variación total en las partes con las que contribuye cada fuente de variación en el experimento (Gutiérrez y De la Vara, 2012). La prueba de hipótesis se realizó con un nivel de significancia del 5%. Seguidamente se consideraron los siguientes supuestos:

Hipótesis nula (H_0): El contenido de fenoles totales, capacidad antioxidante y flavonoides no presentan diferencias estadísticamente significativas entre las harinas obtenidas de kiwicha de las tres variedades

$$H_0: K1 = K2 \dots = Kn = k$$

Hipótesis alterna (H_a): El contenido de fenoles totales, capacidad antioxidante y flavonoides presentan diferencias estadísticamente significativas entre las harinas obtenidas de kiwicha de las tres variedades.

$$H_a: Ki \neq Kj \text{ para algún } i \neq j$$

Tabla 14.

Matriz de diseño para análisis proximal de las harinas.

Variable independiente	Variable dependiente
	Humedad, proteína, grasa, ceniza, fibra y carbohidratos
Harina obtenida de kiwicha variedad Centenario	K1,1D
	K1,2D
	K1,3D
Harina obtenida de kiwicha variedad Frondosa	K2,1D
	K2,2D
	K2,3D
Harina obtenida de kiwicha variedad Oscar Blanco	K3,1D
	K3,2D
	K3,3D

Nota: la matriz de diseño fue propuesto por Gutiérrez, (2008) con algunas modificaciones, k1: harina obtenida de Kiwicha variedad Centenario, k2: harina obtenida de Kiwicha variedad Frondosa, k3: harina de kiwicha variedad Oscar blanco y D: estudio del análisis proximal.

Hipótesis estadística para el análisis proximal

Para contrastar las pruebas, se realizó un análisis de varianza (ANOVA), que es una técnica que permite separar la variación total en las partes con las que contribuye cada fuente de variación en el experimento (Gutiérrez y De la Vara, 2012). La prueba de hipótesis se realizó con un nivel de significancia del 5%. Seguidamente se consideraron los siguientes supuestos:

Hipótesis nula (H_0): El contenido de proteína, carbohidrato, grasa, fibra, ceniza y humedad no presentan diferencias estadísticamente significativas entre las harinas obtenidas de kiwicha de las tres variedades

$$H_0: K_1 = K_2 \dots = K_n = k$$

Hipótesis alterna (H_a): El contenido de proteína, carbohidrato, grasa, fibra, ceniza y humedad presentan diferencias estadísticamente significativas entre las harinas obtenidas de kiwicha de las tres variedades.

$$H_a: K_i \neq K_j \text{ para algún } i \neq j$$

Prueba de rangos múltiples (Tukey)

para este caso se utilizó el método de Tukey, es el método más conservador para comparar pares de medias de tratamientos, el cual consiste en comparar las diferencias entre medias muestrales con el valor crítico dado por la siguiente ecuación:

$$T_\alpha = q_\alpha(k, N - k) \sqrt{\frac{CM_E}{n_i}}$$

Donde CM_E es el cuadrado medio del error, n_i es el número de observaciones por tratamiento, k es el número de tratamientos, $N - k$ es igual a los grados de libertad para el error, α es el nivel de significancia prefijado y el estadístico $q_\alpha(k, N - k)$ son puntos porcentuales de la distribución del rango estudentizado. Se declaran significativamente diferentes los pares de medias cuya diferencia muestral en valor absoluto sea mayor que T_α . A diferencia de los métodos LSD y Duncan, el método de Tukey trabaja con un error a muy cercano (Gutiérrez y De la Vara, 2008).

CAPITULO V: RESULTADOS

5.1. Resultados del comportamiento térmico de las harinas de kiwicha

Se determinaron mediante calorimetría diferencial de barrido la temperatura de la gelatinización, entalpía de gelatinización, calor específico y transición vítrea, los resultados se muestran en la Tabla 15, asimismo se puede observar en los Termogramas de la Figura 9.

Tabla 15.

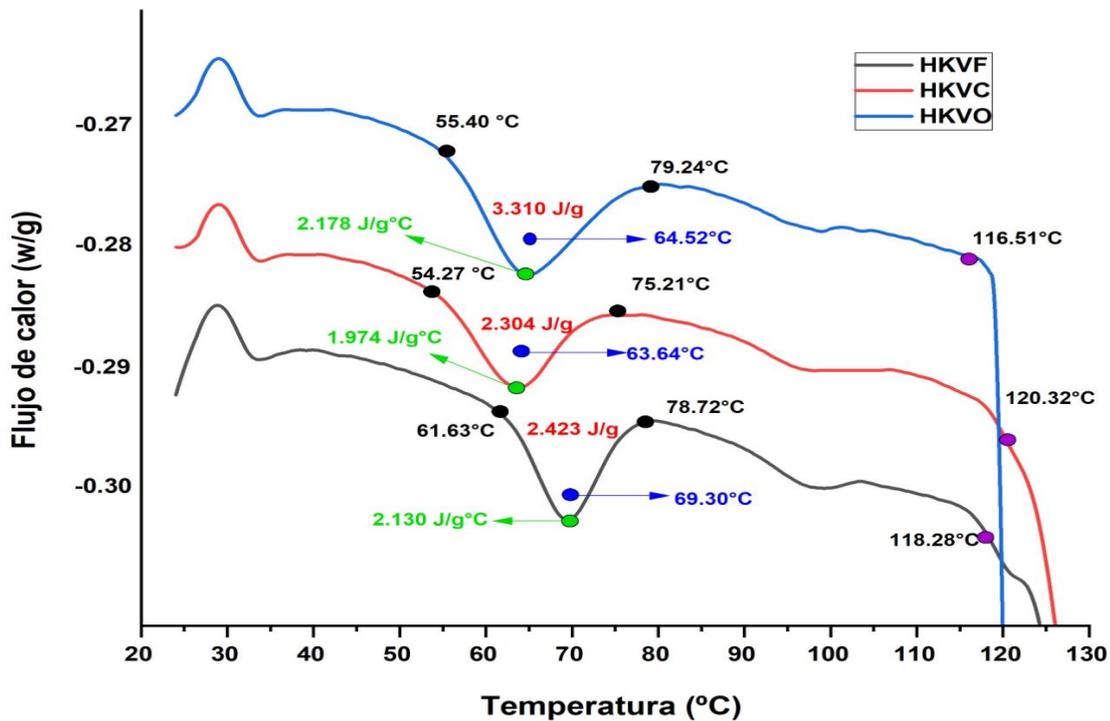
Puntos de DSC obtenidas para harinas obtenidas de Kiwicha

Variedad	T_0 (°C)	T_p (°C)	T_f (°C)	ΔH (J/g)	C_p (J/g*°C)	T_g (°C)
HKVC	54.27	63.64	75.21	2.304	1.974	120.32
HKVF	61.63	69.30	78.72	2.423	2.130	118.28
HKOB	55.40	64.52	79.24	3.310	2.178	116.51

Nota: donde T_0 : pico inicial, T_p : pico maximo, T_f : pico final, ΔH : entalpía de gelatinización, T_g : transición vítrea, C_p : calor específico.

Figura 9.

Termograma de DSC de harina obtenida de tres variedades de kiwicha



Nota: HKVF: Harina de kiwicha variedad frondosa, HKVC: Harina de kiwicha variedad centenario, HKVO: Harina de kiwicha variedad Oscar blanco.

5.1.1. Temperatura de gelatinización

En el Termograma para HKVO de la Figura 9, se puede observar un proceso endotérmico de gelatinización, identificándose con un pico inicial (T_0) de 55.40 °C, con un pico máximo (T_p) de 64.52 °C y finalmente logrando alcanzar un pico final (T_f) de 79.24, seguidamente para HKVC se distingue un pico inicial (T_0) de 54.27 °C, con un pico máximo (T_p) de 63.64 °C y finalmente logrando alcanzar un pico final (T_f) de 75.21, y para HKVF se aprecia un pico inicial (T_0) de 61.63 °C, con un pico máximo (T_p) de 69.30 °C y finalmente logrando alcanzar un pico final (T_f) de 78.72 °C, estas diferencias de temperatura durante el proceso gelatinización, se atribuye a la ruptura de la estructura cristalina del almidón presentes en la harina, además las moléculas de amilosa se difunden en el agua formando un gel, mientras que la amilopectina pierde su estructura ordenada, por lo cual HKVC resalta debido a que el proceso de gelatinización ocurre en rangos cortos de temperatura en comparación a las otras variedades de kiwicha.

5.1.2. Entalpia de gelatinización

También se observa en la Figura 9, que HKVC presento una menor entalpia de gelatinización de 2.304 J/g, con respecto a HKVF que mostro una entalpia de gelatinización de 2.423 J/g y HKOB presento una mayor entalpia de gelatinización 3.310 J/g, lo cual indica que requiere mayor cantidad de energía (calor) para romper las estructuras cristalinas del almidón presente en la harina, lo cual implica en este proceso la absorción de agua por los gránulos del almidón y su transformación de un estado ordenado a uno desordenado, lo cual genera una transición de solido a una estructura de gel.

5.1.3. Calor Especifico

Se determinó el calor especifico que se muestra en la figura 9, obteniendo un valor de 1.974 J/g.°C en la harina de la variedad Centenario, sin embargo las variedades Oscar blanco y Frondosa mostraron un Cp ligeramente alto de 2.178 J/g.°C y 2.130 J/g.°C respectivamente. Por lo cual el calor especifico es un parámetro importante que influye en la forma en que la harina se comporta durante los procesos de cocción, cabe resaltar que la variedad Centenario requiere 1.974 julios de energía para aumentar la temperatura de un gramo en un grado Celsius.

5.1.4. Temperatura de transición vítrea

Posteriormente, al aumentar la temperatura, se observó un cambio térmico en la figura 9, sobre la línea base del Termograma identificándose la transición vítrea a los 120.32 °C para la harina de kiwicha Centenario. En este punto, el almidón experimenta un aumento en su rigidez y la mezcla adquiere una textura más sólida.

5.1.5. Descomposición térmica

La temperatura de la descomposición térmica de las harinas obtenidas de kiwicha se determinaron mediante un analizador termogravimétrico y se evaluaron mediante DTGA, los cuales se reportan en la Tabla 16 y 17 las cuales muestran un resumen de las 3 caídas de las harinas obtenidas de kiwicha de las variedades Centenario, Frondosa y Oscar blanco. Asimismo, se pueden observar en las Figuras 10, 11 y 12 las Termogramas de descomposición térmica para cada variedad.

Tabla 16.*Pérdida de peso y temperatura de descomposición*

Variedad	1 CAÍDA				2 CAÍDA			
	T _i (°C)	T _F (°C)	PP(mg)	PP(%)	T _i (°C)	T _F (°C)	PP(mg)	PP(%)
KVC	20	163.40	1.0715	10.542	172.58	240.16	0.42	4.137
KVF	20	158.98	1.0890	10.7036	168.43	238.05	0.4113	4.0446
KVO	20	173.89	1.1895	11.6927	180.09	237.03	0.269	2.643

Nota: T_i; Temperatura inicial, T_F; Temperatura final, PP; pérdida de peso mg: miligramos, %: porcentaje.

Tabla 17.*Pérdida de peso y temperatura de descomposición*

VARIEDAD	3 CAÍDA				RESIDUO	
	T _i (°C)	T _F (°C)	PP(mg)	PP(%)	PP(mg)	PP(%)
KVC	240.16	522.69	7.0074	68.943	1.6511	16.2306
KVF	238.05	498.63	7.006	68.865	1.6373	16.0844
KVO	237.03	505.71	6.991	68.7147	1.7045	16.7566

Nota: T_i; Temperatura inicial, T_F; Temperatura final PP; pérdida de peso, mg: miligramos, %: porcentaje.

Figura 10.*Termograma de TGA y DTGA de harina obtenida de la variedad centenario*

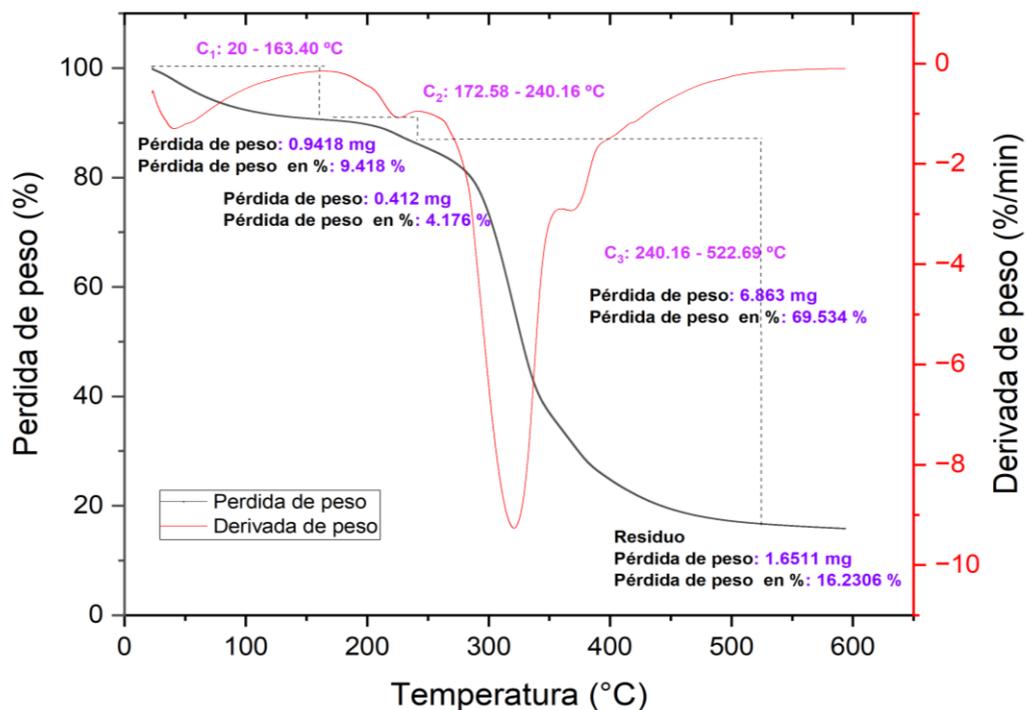


Figura 11.

Termograma de TGA y DTGA de harina obtenida de la variedad frondosa

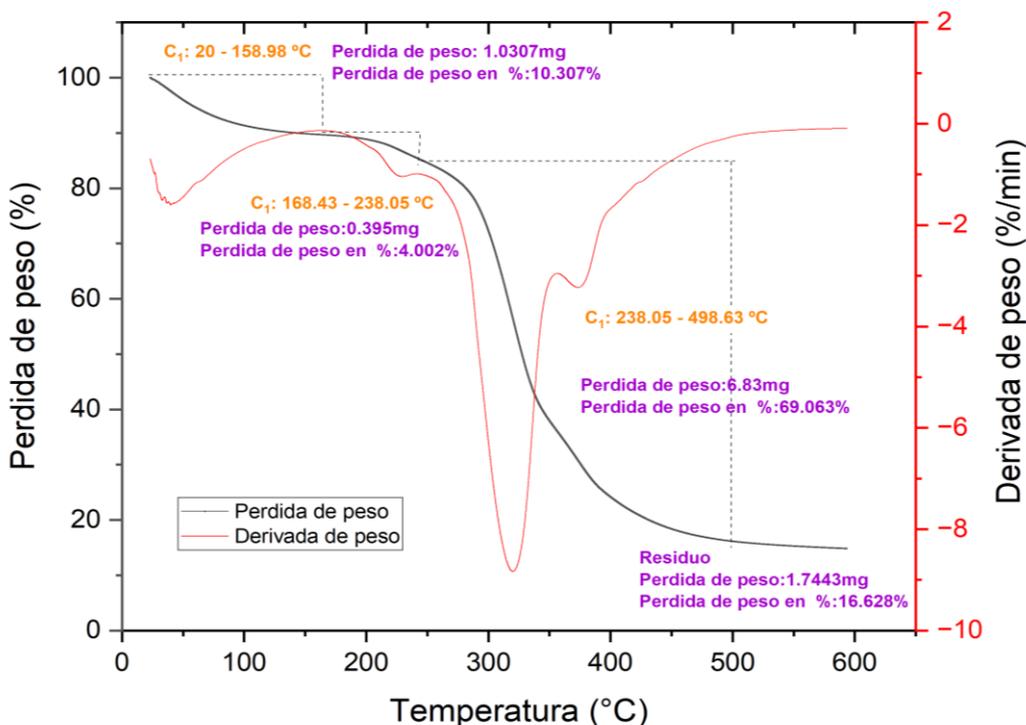
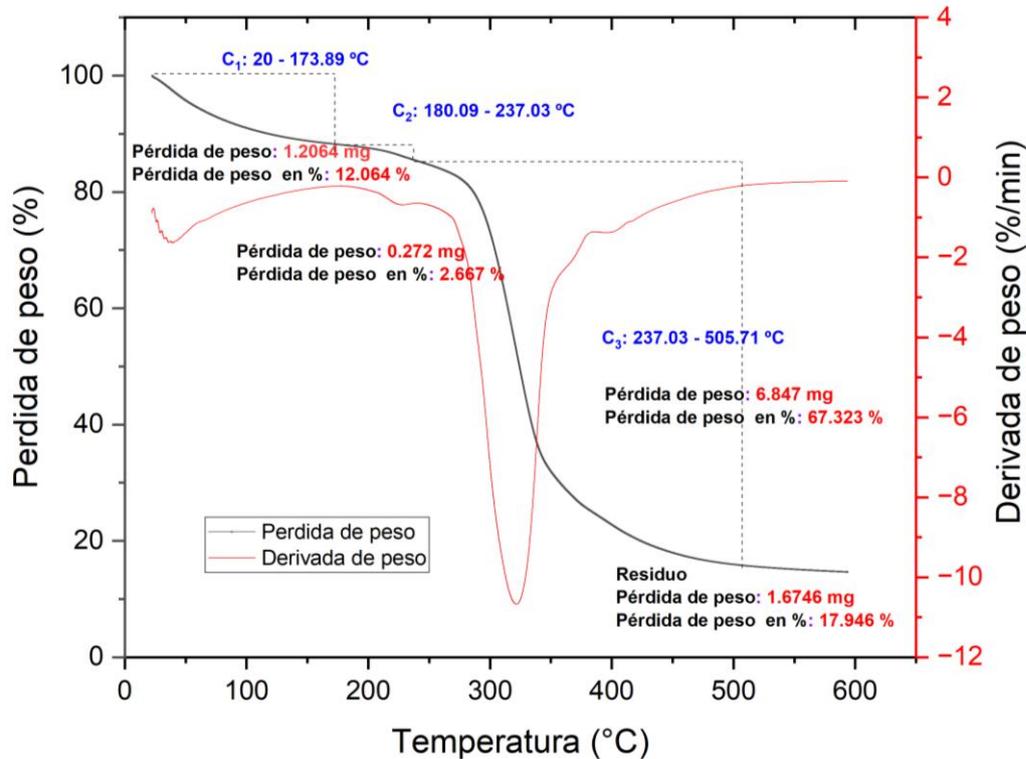


Figura 12.

Termograma de TGA y DTGA de harina obtenida de la variedad Oscar blanco



Los Termogramas de las Figuras 10, 11 y 12 muestran similitud en cuanto a las fases de pérdida de masa en las harinas obtenidas de Kiwicha en función a la temperatura y el tiempo. Estas pérdidas de masa indican alteraciones físicas y químicas durante el tratamiento térmico. Donde se logró identificar tres caídas y picos endotérmicos en función de la deriva en el tiempo. La primera caída mostro un pico endotérmico ocurriendo en el rango de temperatura de 20 °C a 173.89 °C, y se observa una pérdida de peso del 10.542 %. Esta pérdida de peso está relacionada con la perdida de agua libre y débilmente ligada en la muestra. La segunda caída tuvo un pico endotérmico de menor intensidad entre los 168.43 °C a 240.16 °C, donde se produjo la eliminación del agua fuertemente ligada y la descomposición relativamente pequeña de los carbohidratos y péptidos de bajo peso molecular, principalmente monosacáridos y disacáridos simples, lo que dio lugar a una pérdida de peso del 4.0446 %. La tercera caída presento un pico endotérmico intenso dónde ocurrió entre 237.03 °C a 522.69 °C, y correspondió a la descomposición de compuestos orgánicos como proteínas, lípidos y carbohidratos. Durante esta etapa, se observó la mayor pérdida de peso, alcanzando el 68.943 %. Finalmente, se obtuvo el residuo de la muestra, que corresponde a compuestos inorgánicos y represento el 16.7566 % del peso total.

5.2. Resultados de las propiedades tecnofuncionales de las harinas obtenidas de kiwicha

5.2.1. Poder de hinchamiento (PH)

Los resultados del poder de hinchamiento se presentan en la Tabla 18, donde se observaron diferencias significativas estadísticamente en las harinas obtenidas de las tres variedades de kiwicha (valor- $p < 0.05$), la cual se puede apreciar en el Anexo 1. Los valores del poder de hinchamiento para KVC fueron de 7.88 (g/g), para KVF de 5.51 (g/g), y para KVO de 8.48 (g/g). Se pudo observar que KVO mostro mayor poder de hinchamiento con respecto a las otras variedades.

Tabla 18.

Poder de hinchamiento (g agua/g harina)

V	PH (g/g)				
	\bar{x}	\pm	S	CV (%)	sig.
KVC	7.88	\pm	0.21	2.63	B
KVF	5.51	\pm	0.22	4.04	A
KVO	8.48	\pm	0.17	1.99	C

Nota: donde \bar{x} promedio muestral, S: desviación estándar muestral, Cv: coeficiente de variabilidad, letras diferentes indican diferencia significativa, evaluadas a través de la prueba Tukey con un 95% de nivel de confianza

5.2.2. Solubilidad en agua (SA)

Los resultados de la solubilidad en agua se presentan en la Tabla 19, donde se observaron diferencias significativas estadísticamente en las harinas obtenidas de las tres variedades de kiwicha (valor- $p < 0.05$), la cual se puede apreciar en el Anexo 2. Los valores de solubilidad en agua para KVC fueron de 30.59 %, para KVF de 19.57 % y para KVO de 21.60 %. Se puede apreciar que KVC mostro mayor solubilidad en agua con respecto a las otras variedades.

Tabla 19.*Solubilidad en agua (%)*

V	SA (%)				
	\bar{x}	\pm	S	CV (%)	sig.
KVC	30.59	\pm	0.29	0.95	C
KVF	19.57	\pm	0.07	0.34	A
KVO	21.60	\pm	0.55	2.55	B

Nota: donde \bar{x} promedio muestral, S: desviación estándar muestral, Cv: coeficiente de variabilidad, letras diferentes indican diferencia significativa, evaluadas a través de la prueba Tukey con un 95% de nivel de confianza

5.2.3. Capacidad de absorción de agua (CAA)

Los resultados de la capacidad de absorción de agua se presentan en la Tabla 20, donde se observaron diferencias significativas estadísticamente en las harinas obtenidas de las tres variedades de kiwicha (valor-p<0.05), la cual se puede apreciar en el Anexo 3. Los valores de la capacidad de absorción de agua para KVC fue de 5.47 (g/g), para KVF de 4.43 (g/g), y para KVO de 6.65 (g/g). Se pudo observar que KVO mostro mayor capacidad de absorción de agua con respecto a las otras variedades.

Tabla 20.*Capacidad de absorción de agua (g agua/g harina)*

V	CAA (g/g)				
	\bar{x}	\pm	S	CV (%)	sig.
KVC	5.47	\pm	0.16	2.96	B
KVF	4.43	\pm	0.18	4.03	A
KVO	6.65	\pm	0.11	1.71	C

Nota: donde \bar{x} promedio muestral, S: desviación estándar muestral, Cv: coeficiente de variabilidad, letras diferentes indican diferencia significativa, evaluadas a través de la prueba Tukey con un 95% de nivel de confianza

5.3. Resultados de los compuestos bioactivos de harinas obtenidas de kiwicha

5.3.1. Fenoles totales

Los resultados obtenidos indican que las harinas obtenidas de kiwicha de las variedades Centenario, Frondosa y Oscar blanco presentan diferencias estadísticamente significativas (valor $p < 0.05$), como se detalla en el Anexo 4. El contenido de compuestos fenólicos totales vario entre 80.18 y 103.28 mg de ácido gálico equivalente por cada 100 g de muestra cómo se puede apreciar en la Tabla 21. En lo particular, la harina de Kiwicha de la variedad centenario destaco por su mayor contenido de compuestos fenólicos.

Tabla 21.

Fenoles totales de las harinas obtenidas de kiwicha

Variedad	Fenoles totales (mg GAE/ 100 g)				
	\bar{x}	\pm	S	CV (%)	Sig.
KVC	103.28	\pm	3.07	2.97	B
KVF	98.67	\pm	1.17	1.18	B
KVO	80.18	\pm	0.67	0.83	A

Nota: donde \bar{x} promedio muestral, S: desviación estándar muestral, Cv: coeficiente de variabilidad, Sig: diferencia significativa, letras diferentes indican diferencia significativa, evaluadas a través de la prueba Tukey con un 95% de nivel de confianza

5.3.2. Capacidad antioxidante

Los resultados obtenidos mediante el método DPPH indican que las harinas de kiwicha de las variedades Centenario, Frondosa y Oscar blanco no presentan diferencias estadísticamente significativas (valor $p > 0.05$), y por el método ABTS+ presentan diferencias significativas como se detalla en los Anexos 5 y 6. Los contenidos de capacidad antioxidante variaron entre 88.98 - 95.05 (DPPH) y 82.29 - 105.50 (ABTS+) μmol de TE por cada 100 g de muestra, como se puede apreciar en la Tabla 22. En particular, la harina obtenida de kiwicha de la variedad centenario destaco por su mayor contenido de capacidad antioxidante.

Tabla 22.*Capacidad antioxidante de las harinas obtenidas de kiwicha*

Variedad	Capacidad antioxidante ($\mu\text{mol TE/ 100 g}$)									
	DPPH					ABTS+				
	\bar{x}	\pm	S	CV (%)	Sig.	\bar{x}	\pm	S	CV (%)	Sig.
KVC	95.05	\pm	2.84	2.99	A	105.50	\pm	4.19	3.97	B
KVF	91.56	\pm	2.58	2.82	A	84.22	\pm	0.99	1.17	A
KVO	88.98	\pm	3.09	3.47	A	82.29	\pm	1.57	1.90	A

Nota: donde \bar{x} promedio muestral, S: desviación estándar muestral, Cv: coeficiente de variabilidad, letras diferentes indican diferencia significativa, evaluadas a través de la prueba Tukey con un 95% de nivel de confianza

5.3.3. Flavonoides

Los resultados obtenidos indican que las harinas de Kiwicha de las variedades Centenario, Frondosa y Oscar blanco no presentan diferencias estadísticamente significativas (valor $p > 0.05$) en el contenido de flavonoides totales, como se puede apreciar en el Anexo 7. Los valores del contenido de flavonoides totales oscilaron entre 27.64 y 29.52 mg de quercetina por cada 100 g de muestra, como se detalla en la Tabla 23. Se encontró que la harina de Kiwicha de la variedad Centenario presentó un ligero contenido alto de este compuesto bioactivos.

Tabla 23.*Flavonoides para harinas obtenidas de kiwicha*

Variedad	Flavonoides (Quercetina/ 100 g)				
	\bar{x}	\pm	S	CV (%)	Sig.
KVC	29.52	\pm	3.87	13.12	A
KVF	27.64	\pm	0.84	3.02	A
KVO	28.45	\pm	0.84	2.93	A

Nota: donde \bar{x} promedio muestral, S: desviación estándar muestral, Cv: coeficiente de variabilidad, letras diferentes indican diferencia significativa, evaluadas a través de la prueba Tukey con un 95% de nivel de confianza

5.4. Resultados del Análisis proximal de las harinas obtenidas de kiwicha

5.4.1. Contenido de humedad

El contenido de humedad se muestra La Tabla 24, los valores oscilaron entre 8.83% y 10.18% siendo la harina de Kiwicha de la variedad Frondosa con menor contenido de humedad (8.83 %) y con mayor contenido de humedad la harina de kiwicha variedad Centenario asimismo, de acuerdo al análisis estadístico (P-value < 0,05), Existen diferencias significativas en el contenido de proteínas entre las harinas de las tres variedades de Kiwicha (Anexo 8), del mismo modo se observa la desviación estándar y el coeficiente de variación.

Tabla 24.

Porcentaje de humedad en harinas de kiwicha

	VARIEDAD	\bar{x}	\pm	S	CV (%)	Sig.
	KVC	9.25	\pm	0.09	0.99%	B
Humedad %	KVF	8.83	\pm	0.05	0.59%	A
	KVO	10.18	\pm	0.09	0.89%	C

Nota: donde \bar{x} promedio muestral, S: desviación estándar muestral, Cv: coeficiente de variabilidad, letras diferentes indican diferencia significativa, evaluadas a través de la prueba Tukey con un 95% de nivel de confianza

5.4.2. Contenido de proteínas

El contenido de proteínas se muestra en la Tabla 25, los valores oscilaron entre 15.07 a 20.30 % siendo la variedad Frondosa con mayor contenido de proteína (20.30 %) Asimismo, de acuerdo al análisis estadístico (P-value < 0,05), Existen diferencias significativas en el contenido de proteínas entre las tres variedades (Anexo 9), del mismo modo se observa la desviación estándar y el coeficiente de variación.

Tabla 25.*Porcentaje de proteína de las harinas*

	VARIEDAD	\bar{x}	\pm	S	CV (%)	Sig.
Proteína %	KVC	17.33	\pm	0.28	1.59%	B
	KVF	20.30	\pm	0.35	1.74%	C
	KVO	15.07	\pm	0.16	1.08%	A

Nota: donde \bar{x} promedio muestral, S: desviación estándar muestral, Cv: coeficiente de variabilidad, letras diferentes indican diferencia significativa, evaluadas a través de la prueba Tukey con un 95% de nivel de confianza

5.4.3. Contenido de grasa

El contenido de grasa de las harinas de kiwicha se muestra en la Tabla 26, los valores oscilaron entre 5.88 a 6.25 % siendo la variedad Frondosa con mayor contenido de grasa (6.25 %) Asimismo, de acuerdo al análisis estadístico (P-value < 0,05), Existen diferencias significativas en el contenido de grasa entre las tres variedades (Anexo 10), del mismo modo se observa la desviación estándar y el coeficiente de variación.

Tabla 26.*Porcentaje de grasa en las harinas*

	VARIEDAD	\bar{x}	\pm	S	CV (%)	Sig.
Grasa %	KVC	5.88	\pm	0.09	1.45%	A
	KVF	6.25	\pm	0.06	0.96%	C
	KVO	6.09	\pm	0.04	0.59%	B

Nota: donde \bar{x} promedio muestral, S: desviación estándar muestral, Cv: coeficiente de variabilidad, letras diferentes indican diferencia significativa, evaluadas a través de la prueba Tukey con un 95% de nivel de confianza

5.4.4. Contenido de ceniza

El contenido de Ceniza de las harinas de kiwicha se muestra en la Tabla 27, los valores oscilaron entre 2.79 a 3.46 %. siendo la harina de kiwicha de la variedad

Centenario con mayor contenido de ceniza (3.46 %) Asimismo, de acuerdo al análisis estadístico (P-value < 0,05), Existe diferencia significativa en el contenido de ceniza entre la harina de Kiwicha Centenario con la harina de kiwicha Frondosa y Oscar blanco, pero también se aprecia que en las harinas de kiwicha Frondosa y Oscar blanco no existe diferencia significativa (Anexo 11).

Tabla 27.

Porcentaje de ceniza en las harinas

	VARIEDAD	\bar{x}	\pm	S	CV (%)	Sig.
Ceniza %	KVC	3.46	\pm	0.22	6.34%	B
	KVF	2.93	\pm	0.04	1.29%	A
	KVO	2.79	\pm	0.04	1.43%	A

Nota: donde \bar{x} promedio muestral, S: desviación estándar muestral, Cv: coeficiente de variabilidad, letras diferentes indican diferencia significativa, evaluadas a través de la prueba Tukey con un 95% de nivel de confianza

5.4.5. Contenido de fibra

El contenido de fibra de las harinas de kiwicha se muestra en la Tabla 28, los valores oscilaron entre 1.53 a 1.57 % siendo la variedad Frondosa con mayor contenido de fibra (1.57 %) Asimismo, de acuerdo al análisis estadístico (P-value >0,05), no existen diferencias significativas en el contenido de fibra entre las tres variedades de harina de Kiwicha (Anexo 12), del mismo modo se observa la desviación estándar y el coeficiente de variación.

Tabla 28.

Porcentaje de Fibra en las harinas

	VARIEDAD	\bar{x}	\pm	S	CV (%)	Sig.
Fibra %	KVC	1.53	\pm	0.08	5.19%	A
	KVF	1.57	\pm	0.04	2.66%	A
	KVO	1.53	\pm	0.04	2.36%	A

Nota: donde \bar{x} promedio muestral, S: desviación estándar muestral, Cv: coeficiente de variabilidad, letras diferentes indican diferencia significativa, evaluadas a través de la prueba Tukey con un 95% de nivel de confianza

5.4.6 Contenido de carbohidratos

El contenido de proteínas se muestra en la Tabla 29, los valores oscilaron entre 61.70 a 65.87 %, siendo la variedad Oscar blanco con mayor contenido de carbohidratos, asimismo, de acuerdo al análisis estadístico (P-value < 0,05), Existen diferencias significativas en el contenido de carbohidratos entre las tres variedades de harina de kiwicha (Anexo 13), del mismo modo se observa la desviación estándar y el coeficiente de variación.

Tabla 29.

Porcentaje de carbohidratos en las harinas

	VARIEDAD	\bar{x}	\pm	S	CV (%)	Sig.
	KVC	64.39	\pm 0.74	1.14%		B
Carbohidratos %	KVF	61.70	\pm 0.33	0.54%		A
	KVO	65.87	\pm 0.21	0.31%		C

Nota: donde \bar{x} promedio muestral, S: desviación estándar muestral, Cv: coeficiente de variabilidad, letras diferentes indican diferencia significativa, evaluadas a través de la prueba Tukey con un 95% de nivel de confianza

5.5. Diagrama de radar para los resultados obtenidos

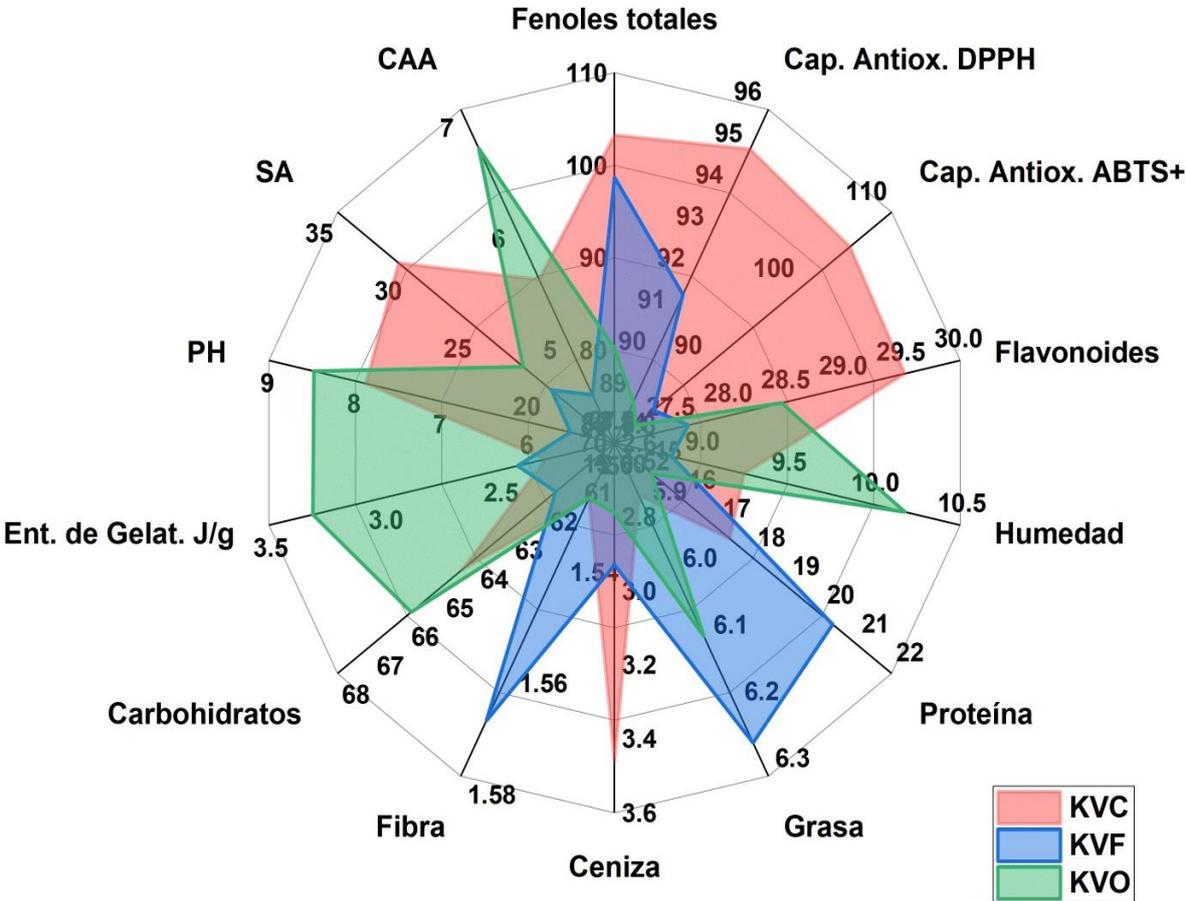
El digrama de radar, también conocido como grafico de telaraña, es un conjunto bidimensional de tres o más variables cuantitativas representadas en ejes que parten de un mismo punto. Además, estos gráficos se emplean para visualizar los resultados de una escala de valores y compararlos con un promedio.

En la Figura 13, se puede apreciar e identificar el comportamiento térmico, propiedades tecnofuncionales, compuestos bioactivos y análisis proximal, resaltando la harina obtenida de kiwicha de la variedad Centenario obteniendo mayor solubilidad, menor entalpia de gelatinización, altos compuestos bioactivos y alto contenido de ceniza, seguidamente la harina obtenida de kiwicha de la variedad Oscar blanco destacando por su alto poder de hinchamiento, capacidad de absorción de agua, alto

contenido de carbohidratos y humedad, finalmente la harina obtenida de kiwicha de la variedad frondosa resalto por su alto contenido de proteína, grasa y ceniza.

Figura 13.

Diagrama de radar de los resultados evaluados.



Nota: KVF: Harina de kiwicha variedad frondosa, KVC: Harina de kiwicha variedad centenario, KVO: Harina de kiwicha variedad Oscar blanco.

CAPITULO VI: DISCUSIÓN

6.1. Discusiones sobre comportamiento térmico en harinas obtenidas de kiwicha

6.1.1. Temperatura de gelatinización

Al evaluar los picos de gelatinización y el flujo de calor (w/g) en las harinas de las tres variedades, se observa que la variedad Centenario (T_0 : 54.27 °C; T_P : 63.64 °C y T_F : 75.21 °C) presentó un proceso de gelatinización más eficiente. Esto se debe a que su gelatinización ocurrió en un rango más corto de temperatura, lo que indica una mayor uniformidad en el proceso térmico. En comparación, las variedades Frondosa (T_0 : 61.63 °C; T_P : 69.30 °C y T_F : 78.72 °C) y Oscar blanco (T_0 : 55.40 °C; T_P : 64.52 °C y T_F : 79.24 °C) mostraron rangos de temperatura más amplios, lo cual sugiere una mayor variabilidad en la respuesta térmica de sus almidones. Dávalos et al. (2023) reportaron un pico inicial de gelatinización a 62.14 °C y un pico final de 68.85 °C en harina de kiwicha, mientras que Romero et al. (2015) obtuvieron un pico inicial a 65.0 °C, un pico máximo a 66 °C y un pico final a 79 °C. Por otro lado, Montoya et al. (2012) registraron un pico inicial a 53.27 °C y un pico final a 61.96 °C. Finalmente, Pineda et al. (2011) informaron de un pico inicial de 57.08 °C y un pico final de 70.95 °C en harina de maíz. La variación observada en los picos de gelatinización está influenciada por las características de los gránulos de almidón presentes en la harina, así como la presencia y estructura de compuestos como amilopectinas, proteínas, fibras dietéticas y contenido de agua. Además, mencionan que la transición de la gelatinización se presenta en un intervalo de temperaturas con la formación de un pico endotérmico. Chakraborty et al (2016) mencionan que la temperatura ideal de gelatinización de las harinas para la formación de sopas instantáneas generalmente se encuentra en un rango de 60 °C a 80 °C, lo que permite que los almidones presentes en la harina absorban agua, se hinchen y espesen la mezcla. Este proceso es clave para lograr una consistencia suave y cremosa en las sopas, y la temperatura adecuada garantiza que el almidón se gelatinice correctamente sin formar grumos o sobrecoser, lo cual podría afectar negativamente la textura y el sabor. Por ende, los valores obtenidos en esta investigación están dentro de lo mencionado, por lo cual podemos afirmar que la harina de kiwicha es ideal para la formación de sopas instantáneas.

6.1.2. Entalpia de gelatinización

Al evaluar la entalpia de gelatinización en las harinas obtenidas de kiwicha de las tres variedades, se observó que la variedad Centenario (2.304 J/g) mostro similar entalpia a la variedad Frondosa (2.423 J/g). En contraste, la variedad Oscar blanco (3.310 J/g) presentó una entalpia mayor, lo que indica que requiere más energía para lograr el proceso de gelatinización. Por lo cual la variedad de harina Oscar blanco, podría no ser tan eficiente para aplicaciones que demanden una gelatinización rápida, debido a su mayor requerimiento energético. Sin embargo, los valores reportados están por debajo de los hallados por Dávalos et al. (2023), quienes obtuvieron una entalpía de gelatinización de 5.7 J/g en harina de kiwicha, y por Romero et al. (2015), que reporto una entalpía de 6.8 J/g. Por lo contrario, Pineda et al. (2011), registraron un valor menor de entalpía de 1.429 J/g, similar a lo encontrado por Montoya et al. (2012). Estas diferencias podrían deberse a variaciones en el contenido de humedad de la harina o a diferencias en los métodos de preparación de las muestras, además esta diferencia puede atribuirse a la estructura interna del granulo del almidón de la kiwicha, el cual presenta un patrón menos cristalino que el almidón de cereales tradicionales (Gómez y López, 2019). El reporte de una baja entalpia tiene implicancias favorables en los procesos industriales que requieren una gelatinización rápida, principalmente para productos de cocción rápida (Schoenlechnern et al., 2018). Por ende, los valores obtenidos en esta investigación están dentro de lo mencionado, por lo cual podemos afirmar que la harina de kiwicha requieren menor energía necesaria para lograr el proceso de gelatinización.

6.1.3. Temperatura de transición vítrea

Al evaluar la transición vítrea (T_g) en las harinas obtenidas de kiwicha de las tres variedades, se puede identificar que la variedad Oscar blanco (116.51 °C) presento una T_g más baja en comparación con las variedades Frondosa (118.28 °C) y Centenario (120.32 °C), las cuales mostraron un aumento en este parámetro. Por lo cual la harina de la variedad Oscar blanco tiene una mayor flexibilidad a menores temperaturas, mientras que las harinas de la variedad Frondosa y Centenario requieren temperaturas más altas para alcanzar la misma transición. Este comportamiento puede estar relacionado con la composición molecular del almidón y la presencia de otros componentes, como proteínas y lípidos. Torres et al. (2018)

reportaron valores de Tg en harina de kiwicha entre 117.9 °C a 120.4 °C, en concordancia con los resultados observados en las variedades evaluadas. De manera similar, Flores et al. (2019) identificaron un rango de Tg entre 110 °C y 125 °C, lo que confirma que las variaciones en la Tg pueden estar atribuidas a la estructura molecular del almidón y la presencia de otros componentes como proteínas y lípidos en las harinas de kiwicha. Estudios previos han demostrado que el contenido de humedad es un factor crítico que afecta la Tg. A medida que aumenta el contenido de agua, la Tg tiende a disminuir, ya que el agua actúa como un plastificante que facilita el movimiento de las cadenas moleculares (Cortés et al., 2020). La temperatura ideal de la Tg para productos como panes y galletas suele estar entre los 110 °C y 120 °C, en este intervalo, las harinas, al pasar de un estado vítreo a un estado más flexible, permiten una mayor plasticidad y expansión de las masas durante la cocción, lo que favorece una textura más suave y esponjosa en panes y una mejor estructura en galletas (Gómez y López, 2019).

6.1.4. Calor específico

Durante la evaluación del calor específico (Cp) en las harinas obtenidas de kiwicha de tres variedades, se observó que la harina de la variedad Oscar blanco (2.178 J/g.°C) Frondosa (2.130 J/g.°C) presentaron un incremento leve en el Cp en comparación con la variedad Centenario (1.974 J/g.°C). Estos valores sugieren que las harinas Oscar blanco y Frondosa poseen una mayor capacidad para absorber y retener calor que la variedad Centenario. Los resultados se alinean parcialmente con los reportes previos de Romero et al. (2015) quienes determinaron un Cp de 1.8 J/g.°C para la harina de kiwicha, y con los estudios de Dávalos et al. (2023), que reportaron un rango de 1.3 a 1.9 J/g.°C. De manera similar, Flores et al. (2020) mostraron valores que oscilaron entre 1.8 J/g.°C y 2.2 J/g.°C, lo que sugiere que esta harina tiene una capacidad relativamente alta para absorber y retener calor en comparación con otras harinas, como las de maíz y trigo, cuyos calores específicos tienden a ser ligeramente bajos. Gómez y López (2019) mencionan que el Cp necesario para producir panes y galletas suele estar en un rango entre 1.7 y 2.5 J/g.°C, dependiendo de los ingredientes y el contenido de humedad en la masa. Un valor adecuado de Cp asegura que la masa absorba el calor de manera eficiente durante el horneado, permitiendo una cocción uniforme sin sobre calentar ni subcalentar el producto. Este rango de Cp es ideal

porque facilita la transferencia de calor sin comprometer la estructura interna de la masa, lo que es crucial para obtener la textura deseada en panes y galletas.

6.1.4. Descomposición térmica

Al evaluar la descomposición térmica mediante la derivada del análisis termogravimétrico (DTGA), se pudo evidenciar tres caídas endotérmicas y los puntos exactos de la descomposición de las harinas obtenidas de kiwicha en las tres variedades, donde se puede identificar que la variedad Centenario, Frondosa y Oscar blanco muestran tres etapas de su descomposición macro y micronutrientes. Consumi et al. (2022) mencionaron que la primera descomposición térmica ocurre en el rango de temperatura de 30 °C a 125 °C, la segunda descomposición térmica se da entre los 200 °C a 400 °C, y la tercera caída se observa entre los 400 °C a 600 °C. Por otro lado, Pineda et al. (2011) reportaron una pérdida del 9.31% en la primera descomposición térmica, que ocurrió entre 25 °C y 178.70 °C. La segunda caída se produjo entre 178.70 y 387.45 °C, con una pérdida del peso del 67.97 %, y la tercera caída entre 387.45 °C y 627.76 °C, representando una pérdida del 18.96 % del peso y obteniendo un residuo del 1.88 %. Seguidamente, Montoya et al. (2012) informo una pérdida de muestra del 12.42 %, que ocurrió entre 100 °C y 200 °C. La segunda caída se identificó entre 200 y 400 °C, con una pérdida de peso del 63.49%, y la tercera caída ocurrió entre 400 °C y 600 °C. Afirmando que la primera caída está relacionada con la pérdida de humedad, la segunda caída con la descomposición de carbohidratos y péptidos de bajo peso molecular, y la degradación del almidón, mientras que la tercera caída se relaciona con la descomposición de los productos volátiles, polisacáridos de alto peso molecular, como proteínas, lípidos y otros compuestos orgánicos, generando residuos a partir de los 600 °C residuos. La variación en las caídas reportadas por los autores se debe principalmente a la cantidad de humedad y al tipo de muestra utilizada. En la investigación, se observan resultados similares a lo descrito por los autores. Flores et al. (2019) afirma que es importante conocer los puntos exactos de la descomposición de la harina a diferentes temperaturas, porque estas influenciaran en la producción de panes y galletas. Este análisis ayuda a los panaderos a controlar la temperatura del horno, evitando que las masas se sequen demasiado rápido, lo que afectaría negativamente la textura del pan, en el caso de galletas permite ajustar el tiempo y la temperatura de cocción para lograr una textura

crujiente sin que las grasas y azúcares se degraden en exceso, lo que podría provocar un sabor amargo o una consistencia no deseada, y además poder evitar la degradación de los macronutrientes y micronutrientes, y garantizar un producto de calidad.

6.2. Discusiones de las propiedades tecnofuncionales en harinas obtenidas de kiwicha

6.2.1. Poder de hinchamiento (PH)

Al evaluar el poder de hinchamiento en las harinas obtenidas de kiwicha de las tres variedades, se pudo evidenciar que a los 60 °C la variedad Oscar blanco mostro un mayor PH de 8.48 (g agua / g harina), seguidamente por la variedad centenario con un PH de 7.88 (g agua / g harina), y la variedad frondosa con 5.51 (g agua / g harina), la variabilidad en el PH puede estar influenciado por la estructura del almidón presente en la harina y el contenido de proteínas. Quispe, (2023) obtuvo un poder de hinchamiento de 9.01 a 7.97 g/g, realizadas a los 60 °C, valor similar a lo reportado, por otra parte, Jamanca et al. (2024) obtuvieron un poder de hinchamiento bajo de 2.78 ± 0.03 en harinas de kiwicha a 25 °C, valor similar reportado por Dussán et al. (2019) con un valor de poder de hinchamiento de 2.64 ± 0.10 g/g en harina de quinua a 30 °C, lo cual estos resultados son inferiores a los reportados. Además, mencionaron que esta capacidad está influenciada por la relación entre la amilosa y la amilopectina, así como el grado y la longitud de ramificación de estas moléculas. De acuerdo a Martínez y Fernández (2019) es importante considerar como estos cambios en el PH pueden afectar las propiedades sensoriales y la textura de los productos alimentarios. Un mayor poder de hinchamiento puede lograr productos más esponjosos y húmedos, lo que es deseable en la panificación y otros productos similares.

6.2.2. Solubilidad en agua (SA)

Al evaluar la solubilidad en agua en las harinas obtenidas de kiwicha de las tres variedades, se apreció que a los 60°C la variedad Centenario logro una SA de 30.59 %, a comparación de la variedad Oscar blanco que presento una SA de 21.60 % y la variedad frondosa mostro una baja SA de 19.57 %, este cambio significativo indica una mejora en la capacidad de la harina para disolverse en medios acuosos, lo que sugiere una mayor disponibilidad de componentes solubles como proteínas y

polisacáridos. Quispe, (2023) reportó una solubilidad de agua de 10.51 % a una temperatura de 60 °C, Torres et al. (2018) reportaron una solubilidad en agua de 3.51 % en harina de kiwicha a una temperatura de 25 °C, por lo contrario, Dussán et al. (2019) obtuvo una solubilidad en agua de harina de quinua de 11.18 ± 0.49 (%) a 30 °C. Además, indicaron que el índice de solubilidad se relaciona con el grado de secado de la harina, ya que un tiempo de secado prolongado puede romper las cadenas de almidón y generar cadenas más cortas que retienen más moléculas de agua, lo cual disminuye la cohesividad y plasticidad de las masas. Por otro lado, Sequeiros, (2022) encontró valores muy altos de solubilidad en agua, oscilando entre 73.84 a 86.26 % a temperatura de 25 °C. Esto se debe al tipo de muestra utilizada, asegurando que esta propiedad es necesaria para la producción de alimentos, donde las proteínas deben estar en forma de solución para proporcionar propiedades gelificantes, emulsionantes y espumantes. Jamanca et al. (2024), por su parte, reportaron valores de índice de solubilidad de 10.63 ± 0.14 a temperatura de 25 °C en la harina de kiwicha. Finalmente, Gamarra, (2021) obtuvo un valor de solubilidad en agua del 17.70 ± 1.31 % a una temperatura de 25 °C para la harina de sangorache sin germinar, valor cercano a los reportados previamente. Esto se debe a la solubilidad proteica, la cual es útil para alimentos que requieren propiedades como gelificación, formación de espuma y emulsificación, o donde se necesita que las proteínas residan en forma de solución. López y Hernández (2020), mencionan que la mejora en la solubilidad tiene importantes implicaciones para la bioaccesibilidad. A medida que aumenta la solubilidad, como las proteínas y las fibras solubles, se liberan más fácilmente, lo que puede mejorar la digestibilidad y la absorción de nutrientes.

6.2.3. Capacidad de absorción de agua (CAA)

Al evaluar la capacidad de absorción de agua en las harinas obtenidas de kiwicha de las tres variedades, se pueden evidenciar que a los 60 °C la variedad Oscar blanco tuvo mayor CAA de 6.65 (g agua / g harina), seguidamente la variedad centenario presentó una CAA de 5.47 (g agua / g harina) y finalmente la variedad frondosa presentó ligeramente una baja CAA de 4.43 (g agua / g harina), el incremento en la CAA de la harina de kiwicha resalta su potencial funcionalidad mejorada, este aumento favorece su utilización en productos donde la retención de agua es esencial para lograr mejorar la calidad sensorial de los alimentos. Valor ligeramente alto fue

presentado por Quispe (2023), con una capacidad de absorción de agua de 7.14 a 8.07 g/g a una temperatura de 60 °C, de lo contrario Urbina et al. (2023), reportaron valores bajos de capacidad de absorción de agua de 1.38 ± 0.17 g/g a una temperatura de 25 °C para la harina obtenida de kiwicha, mencionando que la absorción de humedad en la harina es un factor significativo en la panificación, ya que está relacionado con la calidad y vida útil del producto. Por otro lado, Sequeiros (2022) reportó valores en la CAA que oscilaron entre 1.85 a 3.70 g/g a una temperatura de 25 °C, afirmando que la capacidad de absorción de agua es una propiedad funcional de las proteínas, especialmente en las materias primas de alimentos viscosos como sopas, salsas, masas y alimentos horneados, donde la interacción proteína-agua es crucial. Por su parte, Gamarra (2021) reportó valores similares de CAA de 1.93 ± 0.36 g/g a 25 °C de harina de sangorache sin germinar, mencionando que depende de las interacciones proteína-agua, y acciones físicas de capilaridad. Finalmente, Torres et al. (2018) obtuvieron valores similares de capacidad de absorción de agua de 1.63 ± 0.08 g/g a una temperatura de 25 °C, lo que indica que el material retiene casi toda el agua absorbida. Martínez y Fernández (2021), afirman que las harinas que presentan una mayor CAA ayudan a emulsionar y estabilizar las salsas, mejorando la viscosidad y evitando la separación de fases en el producto final.

6.3. Discusiones de compuestos bioactivos de las harinas obtenidas de kiwicha

6.3.1. Fenoles totales

Evaluando los resultados obtenidos en las harinas, la variedad Centenario presentó 103.28 mg GAE/100 g siendo el mejor a comparación de las otras dos variedades, lo que la posiciona como una opción viable para su uso como suplemento alimentario, según indica (Pellegrini et al., 2018) recomienda que un suplemento alimentario debe contener un mínimo de compuestos fenólicos en torno a 2 mg GAE/g (ácido gálico equivalente por gramo) o más ya que se asocia con propiedades antioxidantes significativas, lo que puede contribuir a la salud general y a la prevención de enfermedades. Por otra parte, Repo-Carrasco et al. (2008) mostraron un contenido de 112.89 mg GAE/100 g en harina de kiwicha variedad Centenario y 98.69 mg GAE/100g en la variedad Oscar blanco. En estudios posteriores, Sequeiros (2022) registró valores de fenoles totales en cereales andinos que oscilaron entre 32.33 y 373.19 mg

GAE/100 g. Por su parte, Viñas (2017) determinó valores de fenoles totales en harina de Kiwicha artesanal, a granel e industrial, con resultados de 54.19, 72.35 y 64.40 mg GAE/100g, respectivamente. En contraste, Škrovánková et al. (2020) reportaron bajos valores de fenoles totales de Kiwicha proveniente de diferentes países europeos, obteniendo de 31.5 mg GAE/100 g en harina de Kiwicha y 19.2 mg GAE/100 g en harina integral. Estas diferencias pueden deberse a que los procesos de molienda y tamizaje reducen el contenido de compuestos bioactivos, ya que dichos compuestos se concentran principalmente en la capa externa del grano y en el pericarpio (Natalia et al.2013). Por lo tanto, podemos mencionar que los valores evaluados se asemejan a los valores descritos por los otros autores y que su uso en la industria alimentaria si es viable.

6.3.2. Capacidad antioxidante

Comparando los contenidos de capacidad antioxidante de las harinas estudiadas variaron entre 88.98 - 95.05 (DPPH) y 82.29 - 105.50 (ABTS+) μmol de TE por cada 100 g de muestra siendo la variedad centenario con mayor contenido de capacidad antioxidante con 95.05 (DPPH) y 105.50 (ABTS+) esto aporta a la industria alimentaria mejorando la calidad nutricional de los productos alimenticios, además de contribuir a la preservación de los alimentos al resistir la oxidación según indica (Velasques & Diaz, 2024). Por su lado Chamorro (2018) reportó valores superiores de capacidad antioxidante en 30 accesiones de kiwicha obteniendo valores de 119.15 a 268.20 μmol TE/100 g en los códigos PER 0023584 y PER 002380. De manera similar, Škrovánková et al. (2020) obtuvieron una capacidad antioxidante de 100 μmol TE/100 en harina de Kiwicha y de 278.8 μmol TE/100g en harina integral de Kiwicha, utilizando el método DPPH. En contraste De La Cruz, (2023) reportó valores de 10.96 a 138.89 μmol TE/100g por DPPH. Por otro lado, Sarmiento y Pachari (2022) obtuvieron resultados bajos de capacidad antioxidante mediante DPPH, con 78.2 μmol TE/100g para Kiwicha de grano rosado y 56.6 μmol TE/100g para kiwicha de grano negro. Los valores obtenidos en este estudio, tanto por DPPH y ABTS+, se encuentran dentro de los valores mencionados por los autores. Las variaciones observadas en la capacidad antioxidante entre los diferentes ecotipos, accesiones y harinas (trigo) podrían deberse a factores como la variabilidad genética, las prácticas agrotécnicas empleadas y las condiciones ambientales, tal como lo sugiere Yu (2003).

Santana et al. (2017) menciona que la actividad antioxidante está directamente relacionada con el contenido de compuestos fenólicos, lo que explica la variabilidad en la capacidad antioxidante, influenciadas por factores como el estado de floración, las condiciones geográficas y climas, entre otros. En concordancia con lo anterior, la variación observada en los resultados de esta investigación entre los diferentes métodos empleados puede atribuirse a estas condiciones. Georgiev et al. (2010) señala que esta disparidad en los resultados también está asociada con las diferencias en la naturaleza de los radicales utilizados, ya que los radicales DPPH y ABTS presentan comportamientos y mecanismos de reacción distintos.

6.3.3. Flavonoides

Evaluando los valores obtenidos de flavonoides en las harinas, mostraron contenidos de 29.52 mg CE/100g mientras que las variedades Frondosa (27.64 mg CE/100g) y Oscar blanco (28.45 mg CE/100g), comprando con otros autores como Chamorro, (2018) reporto contenido de flavonoides totales en harinas obtenidas de Kiwicha que oscilan entre 12,65 y 36,58 mg CE/100 g mientras que Viñas, (2017) obtuvo resultados similares en harina de Kiwicha artesanal, granel e industrial de 26.09, 33.39 y 29.14 mg CE/100g respectivamente, lo cual son similares a los valores obtenidos en esta investigación.

(Sánchez et al., 2020) recomienda que la harina contenga al menos 100 mg de flavonoides por cada 100 gramos (mg CE/100g). Este contenido asegura que el producto ofrezca beneficios significativos para la salud, como propiedades antioxidantes y antiinflamatorias, según este concepto las harinas de kiwicha contienen por debajo de lo recomendado, sin embargo, puede ser valiosa en diversas aplicaciones alimentarias como fuente de nutrientes junto con otros ingredientes o harinas, y ser usadas en la elaboración de snacks saludables entre otros (Corbo et al., 2014).

6.4. Discusiones del análisis proximal de las harinas obtenidas de kiwicha

6.4.1. Humedad

Al evaluar el contenido de humedad de las harinas de Kiwicha en las tres variedades se pudo ver con un contenido de humedad adecuado la variedad frondosa con 8.83%,

según la norma técnica peruana se considera que la harina debe tener un contenido de humedad inferior al 15% así evitar el deterioro en el almacenamiento, desarrollo de microorganismos etc. En comparación con otros autores como Urbina et al. (2023) reportaron valores de humedad en harinas obtenidas de Kiwicha de 14.19 ± 0.21 %, estos valores son mayores a los obtenidos en las harinas obtenidas de las tres variedades de kiwicha estudiadas mientras que Torres et al. (2018) reportan valores de humedad en harinas de pseudocereales como la Kiwicha de 8.62 ± 0.021 , por su parte (Heuer et al., 2021) reportan 10.2% el cual se asimila a los valores obtenidos en la investigación.

6.4.2. Proteínas

Al evaluar el contenido de proteínas en las harinas obtenidas de las tres variedades de kiwicha, se reporta que la harina de Kiwicha (Froncosa) presenta mayor porcentaje con 20%, siendo una alternativa para la producción de pastas alimenticias, ya que se requieren harinas con más del 13% de proteína para su elaboración. Proporcionando así la elasticidad necesaria para que las pastas mantengan su forma durante la cocción, en comparación a otros autores como Almirudis et al. (2020) obtiene 17.14 ± 2.86 en harinas de kiwicha sin procesar. Así mismo Gamarra, (2021) reporta contenido de proteína en harina de sangorache (Kiwicha negra) 17.24 ± 0.15 %, por otra parte, chamorro, (2018) obtiene valores de proteína en harinas de diferentes variedades de kiwichas que varían de 14.13 a 16.59 % de contenido, indicando así que las harinas estudiadas presentan porcentajes mayores de proteína. Al comparar el contenido proteico de la harina de kiwicha con otros granos, se observa que es competitivo. Por ejemplo, el trigo tiene un contenido proteico que oscila entre 10% y 15%, mientras que el maíz y el arroz presentan valores significativamente más bajos, alrededor del 5% al 9% (Burgos & Castillo, 2021). Esto posiciona a la kiwicha como una opción valiosa para dietas que requieren un mayor aporte de proteínas, especialmente en poblaciones vegetarianas o veganas. El contenido de proteínas en las harinas, depende también de factores físicos ambientales de cada región, como lo son el tipo de suelo del cultivo, la temperatura y la ausencia o abundancia de lluvias, que varían dependiendo la zona en la que son cultivados (Marínn, 2013). Beymun (1985), menciona que las proteínas afectan la velocidad de hidratación e hinchamiento y la gelatinización.

6.4.3. Grasa

Al evaluar el contenido de grasa en las harinas de las 3 variedades de kiwicha, se encuentra entre 5.88% y 6.09% destacando la variedad frondosa. Según indica Conty, (2019) el contenido de grasa adecuado para la industria panificadora es de 1% y 5%. Este rango permite mantener las propiedades funcionales deseadas mientras se asegura una buena estabilidad y calidad del producto final, ayudando a mejorar la textura y el sabor de los productos horneados. Las grasas pueden contribuir a la suavidad y a la humedad del producto final, lo que es especialmente importante en panadería y repostería. Al comparar el contenido de grasa de la harina de kiwicha con otros autores como Jamanca et al. (2024) obtuvieron valores de $7,77 \pm 1.03\%$. Por su parte Torres et al. (2018) también reporta valores de $5.37 \pm 0.035 \%$ en contenido de grasa en harinas de kiwicha las cuales a los valores obtenidos en la presente investigación son similares en las harinas obtenidas de las tres variedades estudiadas ya que se encuentran dentro del rango, además de ello la harina de kiwicha de la variedad frondosa resalta como una opción rica en grasas saludables, lo que puede ser beneficioso para quienes buscan aumentar su ingesta de ácidos grasos esenciales.

6.4.4. Ceniza

Al evaluar las harinas de kiwicha en las variedades Frondosa y Oscar blanco han demostrado que ambas presentan un contenido de cenizas similares, mientras que la variedad Centenario tiende a tener un contenido de cenizas (4.46 %) que es ligeramente superior a las otras dos harinas debido a su adaptabilidad a diferentes condiciones de cultivo, lo que le permite acumular más minerales del suelo. (Reyes, 2007) al comparar con otros autores como Chamorro, (2018) reportó valores en contenido de ceniza de 1.96 a 3.67 las cuales fueron obtenidos del estudio de harinas de las diferentes variedades de kiwicha procedentes de la estación experimental Baños del Inca- Cajamarca INIA, por otra parte, Jamanca et al. (2024), obtuvieron valores similares en el estudio de harinas de diferentes granos en las cuales se encuentra la harina de kiwicha con un valor de $1.90 \pm 0.39 \%$. asimismo, Sequeiros, (2022) reporta valores de 3.14 a 1.66 % en harinas de cereales andinos, estos valores reportados de los diferentes autores se asemejan a los valores obtenidos de las

harinas estudiadas destacando en su buena fuente de minerales esenciales, lo que la convierte en una opción valiosa en la dieta moderna (Badui, 2006).

6.4.5. Fibra

Al comparar las harinas de kiwicha de las variedades Centenario, Frondosa y Oscar blanco, los resultados han demostrado que no presentan variaciones ya que mostraron valores de 1.53, 1.57, 1.53 % de fibra respectivamente. lo que podría atribuirse que las tres variedades de Kiwicha tienden a mostrar los mismos porcentajes, en comparación a otros estudios Jamanca et al. (2024) reportaron contenido de fibra en harina de kiwicha las cuales oscilan entre de 2.93 ± 0.14 %, por su parte Chamorro, (2018) reportó valores similares en contenido de fibra de 1.76 a 6.00 %, Estos valores fueron obtenidos del estudio de harinas de diferentes variedades de kiwicha de la estación experimental Baños del Inca-Cajamarca INIA. Las cuales muestran ligeras variaciones, pero se encuentran dentro del rango ya que Dueñas et al., (2016) menciona que la variación del contenido de fibra depende del tipo de grano y a las condiciones de cultivo.

6.4.6. Carbohidratos

Al comparar las harinas de kiwicha la variedad Oscar blanco presenta mayor contenido de carbohidratos con 65.87 % a diferencia de las harinas de kiwicha de la variedad Centenario y Frondosa que presentan 64.39% y 61.70 %, estos valores comparados con otros autores como Torres et al. (2018), en el estudio físico-químico de harinas de pseudocereales obtuvieron valores de 59.85% en contenido de carbohidratos, por otro lado Jamanca et al. (2024) reportan valores en contenido de carbohidratos de harina de kiwicha las cuales son $70.07 \pm 0.65\%$, por otra parte Chamorro, (2018) reporta valores de 72.04 a 75.26 % en contenido de carbohidratos, valores que tienen una variación ligera al resultado obtenido esto se debe a que la Kiwicha puede variar debido a varios factores, como la variedad, las condiciones de cultivo, madures del grano y el procesamiento (Cerron et al., 2016).

CONCLUSIONES

Se logro evaluar el comportamiento térmico, las propiedades tecnofuncionales, los compuestos bioactivos y el análisis proximal de las harinas obtenidas de kiwicha de tres variedades, destacando la variedad centenario lo que posibilita su aplicación en diversos productos en la industria alimentaria.

Los comportamientos térmicos de las harinas obtenidas de kiwicha demuestran que las temperaturas de picos de gelatinización se encuentran en un rango de resistencia a la hidratación de zonas amorfas, así mismo los picos máximos de gelatinización son estables al fenómeno endotérmico de gelatinización, las cuales son adecuadas o ideales para modificar texturas en la industria de los alimentos. Seguidamente la harina obtenida de kiwicha de la variedad centenario requiere menor energía para gelatinizar (1.974 J/g) y un calor específico de 1.974 J/g*°C. Adicionalmente la transición vítrea de las harinas obtenidas indica que es un material liquido viscoso y térmicamente estable a 120.32 °C. Finalmente, la descomposición térmica analizada mediante el DTGA, se observaron tres caídas endotérmicas similares.

Las propiedades tecnofuncionales de las harinas obtenidas de kiwicha como poder de hinchamiento y capacidad de absorción de agua de la variedad Oscar blanco, y la solubilidad en agua de la variedad centenario, reflejan las excelentes propiedades de procesamiento y aplicación en la industria alimentaria a diferencia de la harina obtenida de la variedad frondosa.

En cuanto a la cuantificación de fenoles totales, la variedad Centenario destacó por elevado contenido de compuestos fenólicos (103.28 mg GAE/100g), su alta capacidad antioxidante (95.05 $\mu\text{mol TE}/100\text{g}$) y su concentración de compuestos flavonoicos (29.52 Quercetina/100g). Estas características posicionan a esta variedad como una opción atractiva para el consumo, con potencial en la prevención de enfermedades crónicas y degenerativas.

Finalmente, se evaluó el análisis proximal en harinas de las tres variedades de kiwicha presentaron altos contenidos de proteína (20.30%) y fibra (1.57%) principalmente la variedad frondosa lo que indica que es una buena fuente de nutrientes esencial para elaboración de productos horneados y extruidos.

RECOMENDACIONES

- Usar más cantidad de muestra de harina para la extracción metanólica de compuestos bioactivos así evitar que falte la alícuota para posteriores análisis.
- Usar una proporción 1:2 (muestra: agua) para preparar la muestra para su análisis mediante el Calorimétrico Diferencial de Barrido (DSC) y realizar las evaluaciones de la capacidad calorífica, temperatura de fusión, cristalización, entre otros.
- Realizar estudios de las harinas de las mallas N° 50, 60 y 70. Para determinar que número de malla presentan mayor contenido de compuestos bioactivos.
- Se recomienda el uso de la harina obtenida de kiwicha de la variedad frondosa para la elaboración de sopas instantáneas debido a que están en un rango adecuado de temperatura de gelatinización.
- Replicar el estudio, a fin de valorar los cereales andinos como kiwicha, chía, cañihua y otros; buscando aplicaciones para la industria alimentaria y la gastronomía.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Adrián, R. (18 de Julio de 2023). *Harina - ConceptoDefinición*. Obtenido de ConceptoDefinición: <https://conceptodefinicion.de/harina/>
- AEDES. (2014). Manual de cultivo de kiwicha. Obtenido de <http://www.aedes.org.pe>
- Aherne, S., & O'Brien, N. (2002). *Dietary flavonols: chemistry, food content, and metabolism*. Obtenido de (Burbank, Los Angeles County, Calif.): [https://doi.org/10.1016/s0899-9007\(01\)00695-5](https://doi.org/10.1016/s0899-9007(01)00695-5)
- Ahmed, J., Tiwari, B., Imam, S., & Rao, M. (2012). *Nanocompuestos y materiales poliméricos a base de almidón: química, procesamiento y aplicaciones*. Prensa CRS. Obtenido de doi:<https://doi.org/10.1201/b11848>
- Almirudis, S., Ramírez, B., Medina, C., Magaña, E., Torres, P., & Ledesma, A. (2020). Actividad antioxidante de harinas de amaranto obtenidas por extrusión y análisis parcial de su calidad proteica in vivo. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*, 22(1), 24-31. Obtenido de <http://biotecnia.unison.mx>
- Arnao, M. (2000). *Some methodological problems in the determination of antioxidant activity using chromogen radicals: a practical case*. Trends Food Sci. Technol. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224401000279>
- Badui, S. (2006). *Química de los alimentos*. PEARSON EDUCACIÓN, México. Obtenido de https://biblioteca.unirioja.es/biba/mas_info.php?-titn=263194
- Barron, T. (1999). *Thermal Properties of Materials*. Cambridge University Press.
- Bianco, H., Capote, T., & Garmendia, C. (2014). *Determination of moisture in flour precooked white corn using a domestic microwave oven*. Obtenido de Revista del Instituto Nacional de Higiene Rafael Rangel: https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-04772014000200004#:~:text=El%20contenido%20de%20humedad%20es%2

Uno%20de%20los%20par%20metros%20de,su%20determinaci%20n%20por%20m%20todos%20fiabiles.

- Book, O., Mollinedo, P., & Peñarrieta, J. (2018). *Determination of the Total Antioxidant Capacity , Total Phenols , and the Enzymatic Activity in a Non-Diary Beverage Based on Grains of La Capacidad Antioxidante Total , Fenoles Totales , Y La Actividad Enzimática.*
- Buchweitz, M., Kroon, P., Rich, G., & Wilde, P. (2016). Quercetin solubilisation in bile salts: A comparison with sodium dodecyl sulphate. *Food Chemistry*(211), 1-2. doi:10.1016/j.foodchem.2016.05.034
- Burgos, V., & Castillo, V. (junio de 2021). *Aprovechamiento de kiwicha precocida (Amaranthus caudatus) para la elaboración de barras funcionales.* Obtenido de Revista Chilena de Nutrición: <https://dx.doi.org/10.4067/s0717-75182021000300307>
- Cadena, F., Arias, J., García, A., Rodríguez, G., & Cuevas, D. (2023). Caracterización tecnofuncional de harinas de trigo y X Triticosecale wittmack. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 4(1), 3756-3767. Obtenido de <https://doi.org/10.56712/latam.v4i1.524>
- Calvo, A., Iturrizaga, S., Nystrom, J., & Salas, R. (2001). *Fideos imperial enriquecidos con Kiwicha.* [Trabajo de investigacion para Seminario de Agro Negocios].Universidad del Pacífico. Lima. Obtenido de <https://docplayer.es/12133243-Fideos-imperial-enriquecidos-con-kiwicha.html>
- Carbajal, A., Quintero, E., Castaño, V., & Lucas, J. (2013). *Determinación de las propiedades térmicas y composicionales de la harina y almidón de chachafruto (erytina edulis triana ex micheli).* Obtenido de Temas Agrarios, 18(2), 21-35: <https://doi.org/10.21897/rta.v18i2.714>
- Carpio, J. M. (2009). *Estudio de factibilidad técnica para la producción de harina de amaranto.* [tesis para optar el titulo de ingeniero Quimico, Universidad de el Salvador]. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.14492/17662>
- Carrasco, R., Hellström, J., Mattila, P., & pihlava, J. (2009). *Flavonoides y otros compuestos fenólicos en granos autóctonos andinos: Quinoa (Chenopodium*

- quinoa), kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) y kiwicha (*Amaranthus caudatus*) (1 ed., Vol. 120). Journal of Cereal Science. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.09.087>
- Carrasco, R., Peña, J., Kallio, H., & Salminen, S. (2009). *Dietary fiber and other functional components in two varieties of crude and extruded kiwicha (Amaranthus caudatus)*. Obtenido de Journal of Cereal Science: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2008.10.003>
- Cerrón, C., Guerra, L., Legarda, J., Enríques, M., & Pismag, Y. (2016). EFFECT OF EXTRUSION ON THE PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERISTICS OF QUINOA FLOUR (*Chenopodium quinoa* Willd). *Bioteconología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14(2), 92-99. doi:DOI:10.18684/BSAA(14)92-99
- Chamorro, R. (2018). *Valor nutricional y compuestos bioactivos de 30 accesiones de kiwicha (Amaranthus caudatus L.) del INIA-PERÚa*. [Tesis para optar el grado de maestro en tecnología de alimentos, Universidad Nacional Agraria la Molina]. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12996/3081>
- Consumi, M., Tamasi, G., Pepi, S., Leone, G., Bonechi, C., Magnani, A., . . . Rossi, C. (2022). Analytical composition of flours through thermogravimetric and rheological combined methods. *Thermochimica Acta*, 711.
- Contreras, E., Jaimez, J., Soto, J., Castañeda, A., & Añorve, J. (2011). Increasing the protein content of an amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) drink. *Rev Chil Nutr.*, 38(3), 322-330. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182011000300008>.
- Coral, D., Pineda, P., Rosales, A., & Rodríguez, M. (2009). *Determination of the Gelatinization Temperature of Starch Presented in Maize*. Journal of Physics: Conference Series. Obtenido de doi:10.1088/1742-6596/167/1/012057
- Dávalos, J., Tirado, A., Romero, V., Cisneros, G., & Gamarra, F. (2023). Structural, thermal and energetic properties of Andean-pseudocereal flours with high nutritional values. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*(148), 7207-7215. Obtenido de <https://doi.org/10.1007/s10973-023-12224-y>

- De La Cruz, R. (2023). *Evaluación de la capacidad antioxidante total de las harinas de trigo comercializadas en el Perú*. [Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión]. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.14067/7752>
- Escobar, R., & Valencia, T. (1993). *Efecto de la fecha de siembra en cinco variedades de Amarantho, sobre el desarrollo de la planta, rendimiento y calidad de la semilla durante la estación lluviosa en San Andrés La Libertad*. Trabajo de graduación para optar al título de: Ingeniero Agrónomo. Obtenido de <https://opac.biblioteca.ues.edu.sv/vufind/Record/12689/Details>
- Fon Fay, F., & Zumbado, H. (2019). *Análisis proximal en alimentos Fundamentos teóricos y técnicas experimentales*. Obtenido de Colloquium: <https://colloquiumbiblioteca.com/index.php/web/article/download/43/39/148>
- Gamarra, N. (2021). *Valores nutricionales y propiedades funcionales de la harina de sangorache (Amaranthus Hybridus L.) a distintos tiempos de germinado*. [Tesis para optar el título de Ingeniero Agroindustrial, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac]. Obtenido de <http://repositorio.unamba.edu.pe/handle/UNAMBA/986>
- Gil, M., Allende, A., & Martínez, A. (2007). Factores que afectan al contenido de compuestos bioactivos en alimentos de IV gama. En: V Congreso Iberoamericano de Tecnología postcosecha y Agroexportaciones. Tecnología, calidad y seguridad hortofrutícola. *Repositorio universidad politecnica de cartagena*, 716-725. doi:<https://doi.org/10.31428/10317/12061>
- Guha, M., Ali, S., & Bhattacharya, S. (1997). *Twin-screw extrusion of rice flour without a die: Effect of barrel temperature and screw speed on extrusion and extrudate characteristics*. Obtenido de *Journal of Food Engineering*, 32(3): [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(97\)00028-9](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0260-8774(97)00028-9)
- Hernandez, A. (2017). *Bioactive Compounds in Cereals: Implications for Human Health*. Food Chemistry.
- Hill, J., & Nelson, D. (2010). *Biochemistry*. Houghton Mifflin Harcourt.

- Horwitz, W., & Latimer, G. (2006). *Official methods of analysis of AOAC International*. Obtenido de AOAC International, Gaithersburg, Maryland.: <https://www.worldcat.org/es/title/Official-methods-of-analysis-of-AOAC-International/oclc/1085712083>
- Inyang, U., & Nwadinika, C. (1992). *Propiedades funcionales de la harina de semillas de sésamo descascarada (sesamum indicum L.)*. Obtenido de J Am Oil Chem Soc 69 , 819–822: <https://doi.org/10.1007/BF02635923>
- Irving, W., Betschart, A., & Saunders, R. (1981). Morphological Studies on Amaranthus cruentus. *Journal of food science*, 46, 1170-1174. Obtenido de <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1981.tb03017.x>
- Jamanca, N., Ocrospoma, R., Eguilas, Y., Padilla, R., & Silva, R. (2024). Technofunctional Properties and Rheological Behavior of Quinoa, Kiwicha, Wheat Flours and Their Mixtures. *moleculas*, 29(1374), 1-16. Obtenido de <https://doi.org/10.3390/molecules29061374>
- Jiménez, A. (2017). *Calor y Calorimetria*. Obtenido de Instituto Tecnológico de Costa Rica: <https://repositoriotec.tec.ac.cr/>
- KHOKHAR, S., & IMEH, U. (2002). *Distribution of conjugated and free phenols in fruits: antioxidant activity and cultivar variations*. (Vol. 50). J. Agric. Food Chem. Obtenido de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12381107/>
- Kim, D., Lee, K., Lee, H., & Lee, C. (2002). *Vitamin C equivalent antioxidant capacity (VCEAC) of phenolics phytochemicals*. J. Agric. Food Chem. Obtenido de <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf020071c>
- Koo, W. (26 de January de 2023). *Kiwicha Perú Exportación 2022 Diciembre*. Recuperado el 12 de April de 2024, de Agrodaperu: <https://www.agrodaperu.com/2023/01/kiwicha-peru-exportacion-2022-diciembre.html>
- Londoño. (29 de marzo de 2012). *Antioxidantes: importancia biológica y métodos para medir su actividad*. Obtenido de Corporación Universitaria Lasallista: <http://hdl.handle.net/10567/133>

- Mamani, Y., & Quispe, J. (2017). *Efecto de la calidad proteica de la mezcla de harinas de kiwicha germinada y garbanzo (2:1) en la recuperación nutricional y en los diversos órganos en ratas albinas inducidos a desnutrición, Arequipa*. [Tesis para optar el título en Licenciado en Nutrición Humana Universidad, Nacional de San Agustín de Arequipa]. Obtenido de <https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/147be7ce-75d1-4319-a001-e80adcc67ce0/content>
- Manach, C., Scalbert, A., Morand, C., Rémésy, C., & Jiménez, L. (2004). *polyphenols: food sources and bioavailability*. Obtenido de The American journal of clinical nutrition: doi:<https://doi.org/10.1093/ajcn/79.5.727>
- Marcone. (2001). Starch properties of *Amaranthus pumilus* (seabeach amaranth): a threatened plant species with potential benefits for the breeding/amelioration of present *Amaranthus* cultivars. *Food Chemistry*(71), 61-66.
- Martínez, P., Peña, F., Gómez, Y., Vargas, G., & Velezmoro, C. (2019). Propiedades físico-químicas, funcionales y estructurales de almidones nativos y acetilados obtenidos a partir de la papa (*Solanum tuberosum*) var. 'única'. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 85(3), 338-351. Obtenido de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2019000300006&lng=es&tlng=es
- Martínez, S., & Mátar, I. (2017). *Elaboración de harina de amaranto*. [Proyecto final Ingeniería Industrial, Universidad Tecnológica Nacional]. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12272/1573>
- Mercado, G., Carrillo, L., Medrano, A., López, J., & Álvarez, E. (2013). *Compuestos polifenólicos y capacidad antioxidante de especias típicas consumidas en México*. Obtenido de Nutrición hospitalaria: <https://dx.doi.org/10.3305/nh.2013.28.1.6298>
- Ministerio de Agricultura y Riego. (Diciembre de 2018). Manejo agronómico prácticas de conservación de suelos, producción, comercialización y perspectivas de granos andinos. *Dirección general de políticas agrarias*. Obtenido de <https://cdn.www.gob.pe/>

- Montoya, J., Giraldo, G., & Lucas, J. (2012). Caracterización física de harina de trigo y pan mediante determinación de calorimetría diferencial de barrido y análisis termogravimétrico. *Vitae*, 19(1), 417-419. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169823914131>
- Moreano, L. (2022). *Efecto del tiempo de germinación en el contenido de polifenoles totales, actividad antioxidante y proteínas en dos variedades de kiwicha (Amaranthus caudatus)*. [Tesis para optar el título de Ingeniero Agroindustrial, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac]. Obtenido de <http://repositorio.unamba.edu.pe/handle/UNAMBA/1312>
- Morris, S. (2008). *Wheat Chemistry and Technology*. AACC International Press.
- Mwasaru, M., Muhammad, K., Bakar, J., & CheMan, Y. (1999). *Effects of isolation technique and conditions on the extractability, physicochemical and functional properties of pigeon pea (Cajanus cajan L.) and cowpea (Vigna unguiculata) protein isolates.II. Functional properties*. Obtenido de Food Chem.: [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(99\)00151-X](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(99)00151-X)
- Naughton, J., & Mortimer, C. (1974). *1RS: Physical Chemistry*. Butterwords, Londres. Obtenido de https://books.google.com.py/books?id=n6EhAQAAMAAJ&hl=es&source=gbs_book_other_versions_r&cad=4
- Nelson, D., & Cox, M. (2017). *Lehninger Principles of Biochemistry*. W. H. Freeman and Company.
- Ojeda, M. (2008). *Comparación de Algunas Propiedades Físicas y Composición Química del Almidón de Piñón (Araucaria araucana (Mol) K. Koch), Papa (Solanum tuberosum L. ssp. tuberosum Hawkes) y Maíz (Zea mays L.)*. Obtenido de [Tesis para optar el título de ingeniero en Alimentos. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. Chile]: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2008/fao.39c/doc/fao.39c.pdf>
- Paulino, C., Kessler, A., Ochoa, M., & De Michelis, A. (2013). *Compuestos bioactivos en frutas pequeñas de la Patagonia argentina: efecto del solvente de extracción en su determinación cuantitativa*. Obtenido de Revisiones de la Ciencia,

Tecnología e Ingeniería de los Alimentos (ReCiTeIA):
<http://hdl.handle.net/11336/17995>

- Peña, J. (2010). *Determinación del contenido de fibra dietaria, capacidad antioxidante y compuestos fenólicos de dos variedades de kiwicha (Amaranthus caudatus) y su variación con el proceso de extrusión*. [Tesis para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Agraria La Molina]. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12996/3081>
- Pérez, A. (Mayo de 2010). *Cultivo de kiwicha en la sierra central*. Obtenido de Ministerio de Agricultura instituto Nacional de Innovación Agraria Estación experimental Agraria Santa Ana - Huancayo: <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/162>
- Pineda, P., Coral, D., Ramos, D., & Rosales, A. (2011). Estudio de las propiedades termicas de harinas de maíz producidas por tratamiento térmico-alcalino. *Ingeniería y Ciencia*, 7(14), 119-142. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83522621007>
- Quintanar, E., & Calderón, S. (2009). *La capacidad antioxidante total. Bases y aplicaciones*. Obtenido de Revista de educación bioquímica: <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=49016098004>
- Quispe, Y. (2023). Evaluación de las propiedades físicas, químicas y tecnofuncionales de almidones de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) modificados enzimáticamente. [Tesis para optar el titulo de ingeniero agroindustrial]. obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.14168/827>.
- Rahman, M. (2006). *State diagram of foods: Its potential use in food processing and product stability*. Obtenido de Trends in Food Science & Technology: <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=ab4cfcb2ead2c63392c657274b8c5adf2d1bcce>
- Recalde, F., & Fierro, E. (2013). *El Amaranto como alternativa Alimentaria para el mejoramiento Nutricional del Adulto/a mayor de la asociación de jubilados/ del IESS de la ciudad de Otavalo – Provincia de Imbabura 2012*. Tesis previo a la

obtención del título de licenciados en Nutrición y Salud Comunitaria. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/2837>

Reyes, P. (2007). *AISLADO Y CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICA DEL ALMIDÓN DE KIWICHA (Amaranthus caudatus L.)*. [UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA]. [UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA].

Robles, M. (2012). *Relación entre algunas propiedades fisicoquímicas y térmicas de gelatinización y retrogradación en almidón de papa nativa de Chiloé*. Obtenido de [Tesis para optar al título de Ingeniero en Alimentos Escuela de Ingeniería en Alimentos, Universidad Austral de Chile]: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2012/far666r/doc/far666r.pdf>

Rodríguez, E., Sandoval, A., & Fernández, A. (2007). Evaluación de la retrogradación del almidón en harina de yuca precocida. *Revista Colombiana de Química*, 36(1), 13-30. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-28042007000100002&lng=en&tling=es

Romero, V., Tirado, A., & Dávalos, J. (2015). Determinación experimental mediante DSC de las estabilidades térmicas y las capacidades caloríficas: quinua, kiwicha y cañihua. *Cátedra Villarreal*, 3(1), 47-52. Obtenido de <https://doi.org/10.24039/cv20153144>

Sepulveda, C., & Zapata, J. (2019). Efecto de la Temperatura, el pH y el Contenido en Sólidos sobre los Compuestos Fenólicos y la Actividad Antioxidante del Extracto de Bixa orellana L. *Información tecnológica*, 30(5), 57-66. doi:<https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000500057>

Sequeiros, F. (2022). *Potencial de nutrientes, bioactividad y funcionalidad de Quinua (Chenopodium quinoa W.), Maíz (Zea mays) y Tarwi (Lupinus mutabilis S.) de la región Apurímac*. [Tesis para optar el título de Ingeniero Agroindustrial, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac]. Obtenido de <http://repositorio.unamba.edu.pe/handle/UNAMBA/1148>

Skoog, D., Holler, F., & Crouch, S. (2002). *Principios de análisis instrumental*. Mc Graw Hill. Madrid. Obtenido de

https://www.academia.edu/43268766/Principios_de_an%C3%A1lisis_instrumental_Skoog_Douglas_A_Holler_F_James_Crouch_Stanley_R_Sexta_Edici%C3%B3n_Cengage_Learning_Editores_2008_M%C3%A9xico

Škrovánková, S., Válková, D., & Mlček, J. (2020). Polyphenols and antioxidant activity in pseudocereals and their products. *Slovak Journal of Food Sciences*, 14, 365-370. Obtenido de <https://doi.org/10.5219/1341>

Stewart, R. (2019). *Principios de Tecnología de Alimentos*. McGraw-Hill.

Suriñach, S., Baro, M., & Clavaguera, N. (1992). *La calorimetría diferencial de barrido y su aplicación a la Ciencia de Materiales*. Obtenido de Física de Materials, Departament de Física, Universitat Autònoma de Barcelona: <http://boletines.secv.es/upload/199231011.pdf>

Toaquiza, N. (2012). *Elaboración de galletas con sustitución parcial de Harina de Amaranto INIAP-Alegría (amaranthus caudatus) y PANELA*". [Tesis para optar el título de Ingeniería en Alimentos, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos]. Obtenido de <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/3118>

Torres, O., García, Á., & Ariza, H. (2018). Physical-chemical characterization of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), amaranth (*Amaranthus caudatus* L.), and chia (*Salvia hispanica* L.) flours and seeds. *Agroindustria y Ciencia de los Alimentos*, 67(2), 215-222. Obtenido de <https://doi.org/10.15446/acag.v67n2.63666>

Tuñón, M., Martínez, S., González, J., & Culebras, J. (2002). Los flavonoides: propiedades y acciones antioxidantes. *Nutrición Hospitalaria*, 6(17), 271-278.

Urango, L., Montoya, G., Cuadros, M., Henao, D., Zapata, P., López, L., . . . Davahiva, B. (2009). Efecto de los compuestos bioactivos de algunos alimentos en la salud. *Perspectivas en Nutrición Humana*, 11(1), 27-38. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-41082009000100003&lng=en

Urbina, K., Santacruz, S., Guapi, S., Revilla, K., & Aldas, J. (2023). Caracterización fisicoquímica de los cereales y funcionalidad de las harinas de amaranto (*Amaranthus caudatus*) y quinoa (*Chenopodium quinoa*). *Revista Colombiana*

- de *Investigaciones Agroindustriales*, 10(2), 33-41. Obtenido de <https://doi.org/10.23850/24220582.5708>
- Velasques, J., & Diaz, R. (2024). Citrus peel flour as an ingredient for the meat industry. *Agronomía Mesoamericana*. doi:<http://dx.doi.org/10.15517/am.2024.58857>
- Verdonck, E., Schaap, K., & Thomas, L. (1999). *Una discusión de los principios y aplicaciones de DSC de temperatura modulada (MTDSC)*. Obtenido de En t. J. Pharm.
- Viñas, A. (2017). *Polifenoles totales y flavonoides en diferentes extractos de harinas industriales, a granel y artesanales de quinua (Chenopodium quinoa), kiwicha (Amarantus caudatus) y kañiwa (Chenopodium pallidicaule)*. [Tesis para optar el título profesional de Licenciada en nutrición y dietética, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10757/621859>
- Viñas, A. (2017). Polifenoles totales y flavonoides en diferentes extractos de harinas industriales, a granel y artesanales de quinua (Chenopodium quinoa), kiwicha (Amarantus caudatus) y kañiwa (Chenopodium pallidicaule). *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)*. doi:<http://hdl.handle.net/10757/621859>
- Waterschoot, J., Gomand, S., Fierens, E., & Delcour, J. (2015). *Producción, estructura, propiedades fisicoquímicas y funcionales de almidones de maíz, yuca, trigo, papa y arroz*. Obtenido de <https://doi.org/10.1002/star.201300238%5d>.
- Wink, M. (2010). *Functions and Biotechnology of Plant Secondary Metabolites*. . Wiley-Blackwell.
- Zubiaga, H., & Llorente, M. (1991). *Técnicas de caracterización de polímeros*. Obtenido de UNED.

ANEXOS

Anexo 1. ANOVA y prueba de rangos múltiples para poder de hinchamiento

ANOVA para PH (g/g) por harina obtenida

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	14.7621	2	7.38107	182.61	0.0000
Intra grupos	0.242513	6	0.0404188		
Total (Corr.)	15.0047	8			

Pruebas de Múltiple Rangos para PH (g/g) por harina obtenida

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
KVF	3	5.51026	A
KVC	3	7.87776	B
KVO	3	8.4765	C

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
KVC - KVF	*	2.3675	0.503667
KVC - KVO	*	-0.598737	0.503667
KVF - KVO	*	-2.96624	0.503667

*: señala una diferencia significativa.

Anexo 2 ANOVA y prueba de rangos múltiples para solubilidad en agua

ANOVA para SA (%) por harina obtenida

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	206.471	2	103.236	789.07	0.0000
Intra grupos	0.784988	6	0.130831		
Total (Corr.)	207.256	8			

Pruebas de Múltiple Rangos para SA (%) por harina obtenida

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
KVF	3	19.5742	A
KVO	3	21.5995	B
KVC	3	30.5948	C

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
KVC - KVF	*	11.0206	0.906166
KVC - KVO	*	8.9953	0.906166
KVF - KVO	*	-2.02531	0.906166

*: señala una diferencia significativa.

Anexo 3. ANOVA y prueba de rangos múltiples para capacidad de absorción de agua

ANOVA para CAA (g/g) por harina obtenida

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	7.3602	2	3.6801	155.54	0.0000
Intra grupos	0.141961	6	0.0236601		
Total (Corr.)	7.50216	8			

Pruebas de Múltiple Rangos para CAA (g/g) por harina obtenida

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
KVF	3	4.43165	A
KVC	3	5.46789	B
KVO	3	6.64528	C

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
KVC - KVF	*	1.03624	0.385354
KVC - KVO	*	-1.17739	0.385354
KVF - KVO	*	-2.21363	0.385354

*: señala una diferencia significativa.

Anexo 4. ANOVA y prueba de rangos múltiples para compuestos fenólicos

ANOVA para fenoles (mg GAE/100g) por harinas obtenidas de kiwicha

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	896.053	2	448.026	119.71	0.0000
Intra grupos	22.4553	6	3.74255		
Total (Corr.)	918.508	8			

Pruebas de múltiples rangos para fenoles (mg GAE/100) por harinas obtenidas de kiwicha

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
KVO	3	80.1843	A
KVF	3	98.6652	B
KVC	3	103.276	B

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
KVC - KVF		4.61117	4.84658
KVC - KVO	*	23.0921	4.84658
KVF - KVO	*	18.4809	4.84658

*: señala una diferencia significativa.

Anexo 5. ANOVA y prueba de rangos múltiples para capacidad antioxidante por DPPH

ANOVA para capacidad antioxidante por DPPH ($\mu\text{mol TE}/100\text{g}$) por harinas obtenidas

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	55.5096	2	27.7548	3.42	0.1018
Intra grupos	48.623	6	8.10384		
Total (Corr.)	104.133	8			

Pruebas de Múltiple Rangos para capacidad antioxidante por DPPH ($\mu\text{mol TE}/100\text{g}$) por harinas obtenidas de kiwicha

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
KVO	3	88.9849	A
KVF	3	91.5606	A
KVC	3	95.0455	A

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
KVC - KVF		3.48487	7.13177
KVC - KVO		6.0606	7.13177
KVF - KVO		2.57573	7.13177

*: señala una diferencia significativa.

Anexo 6. ANOVA y prueba de rangos múltiples para capacidad antioxidante por ABTS+

ANOVA para capacidad antioxidante por ABTS+ ($\mu\text{mol TE}/100\text{mg}$) por harinas obtenidas de kiwicha

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	995.103	2	497.552	71.18	0.0001
Intra grupos	41.9379	6	6.98965		
Total (Corr.)	1037.04	8			

Pruebas de Múltiple rangos para capacidad antioxidante por ABTS+ ($\mu\text{mol TE}/100\text{ mg}$) por harinas obtenidas de kiwicha

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
KVO	3	82.2948	A
KVF	3	84.218	A
KVC	3	105.5	B

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
KVC - KVF	*	21.282	6.62338
KVC - KVO	*	23.2052	6.62338
KVF - KVO		1.92313	6.62338

*: señala una diferencia significativa.

Anexo 7. ANOVA para flavonoides totales

ANOVA para flavonoides totales (Quercetina/ 100 g) por harinas obtenidas de kiwicha

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	5.30439	2	2.65219	0.49	0.6378
Intra grupos	32.7953	6	5.46589		
Total (Corr.)	38.0997	8			

Pruebas de múltiples rangos para flavonoides (Quercetina/ 100 g) por harinas obtenidas de kiwicha

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
KVF	3	27.6439	A
KVO	3	28.4471	A
KVC	3	29.518	A

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
KVC - KVF		1.87413	5.85709
KVC - KVO		1.0709	5.85709
KVF - KVO		-0.803233	5.85709

*: señala una diferencia significativa.

Anexo 8. ANOVA y prueba de rangos múltiples para el contenido de humedad

ANOVA para humedad (%) por harinas obtenidas

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	2.87902	2	1.43951	223.37	0.0000
Intra grupos	0.0386667	6	0.00644444		
Total (Corr.)	2.91769	8			

Pruebas de Múltiple Rangos para humedad (%) por harinas obtenidas

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
KVF	3	8.83	A
KVC	3	9.25	B
KVO	3	10.1833	C

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
KVC - KVF	*	0.42	0.201115
KVC - KVO	*	-0.933333	0.201115
KVF - KVO	*	-1.35333	0.201115

*: señala una diferencia significativa.

Anexo 9. ANOVA y prueba de rangos múltiples para el contenido de proteína

ANOVA para proteína (%) por harinas obtenidas

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	41.3361	2	20.668	272.83	0.0000
Intra grupos	0.454533	6	0.0757556		
Total (Corr.)	41.7906	8			

Pruebas de Múltiple Rangos para proteína (%) por harinas obtenidas

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
KVO	3	15.0667	A
KVC	3	17.3267	B
KVF	3	20.3	C

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
KVC - KVF	*	-2.97333	0.689539
KVC - KVO	*	2.26	0.689539
KVF - KVO	*	5.23333	0.689539

*: señala una diferencia significativa.

Anexo 10. ANOVA y prueba de rangos múltiples para el contenido de grasa

ANOVA para grasa (%) por harinas obtenidas

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.206956	2	0.103478	25.52	0.0012
Intra grupos	0.0243333	6	0.00405556		
Total (Corr.)	0.231289	8			

Pruebas de Múltiple Rangos para grasa (%) por harinas obtenidas

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
KVC	3	5.87667	A
KVO	3	6.09	B
KVF	3	6.24667	B

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
KVC - KVF	*	-0.37	0.159543
KVC - KVO	*	-0.213333	0.159543
KVF - KVO		0.156667	0.159543

*: señala una diferencia significativa.

Anexo 11. ANOVA y prueba de rangos múltiples para el contenido de ceniza

ANOVA para ceniza (%) por harinas obtenidas

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.752022	2	0.376011	22.06	0.0017
Intra grupos	0.102267	6	0.0170444		
Total (Corr.)	0.854289	8			

Pruebas de Múltiple Rangos para ceniza (%) por harinas obtenidas

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
KVO	3	2.79	A
KVF	3	2.92667	A
KVC	3	3.46	B

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
KVC - KVF	*	0.533333	0.327072
KVC - KVO	*	0.67	0.327072
KVF - KVO		0.136667	0.327072

*: señala una diferencia significativa.

Anexo 12. ANOVA y prueba de rangos múltiples para el contenido de fibra

ANOVA para fibra (%) por harinas obtenidas

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.00268889	2	0.00134444	0.43	0.6678
Intra grupos	0.0186667	6	0.00311111		
Total (Corr.)	0.0213556	8			

Pruebas de Múltiple Rangos para fibra (%) por harinas obtenidas

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
KVC	3	1.53	A
KVO	3	1.53	A
KVF	3	1.56667	A

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
KVC - KVF		-0.0366667	0.139736
KVC - KVO		0	0.139736
KVF - KVO		0.0366667	0.139736

*: señala una diferencia significativa.

Anexo 13. ANOVA y prueba de rangos múltiples para el contenido de carbohidratos

ANOVA para carbohidratos (%) por harinas obtenidas

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	26.8531	2	13.4265	58.06	0.0001
Intra grupos	1.38753	6	0.231256		
Total (Corr.)	28.2406	8			

Pruebas de Múltiple Rangos para carbohidratos (%) por harinas obtenidas

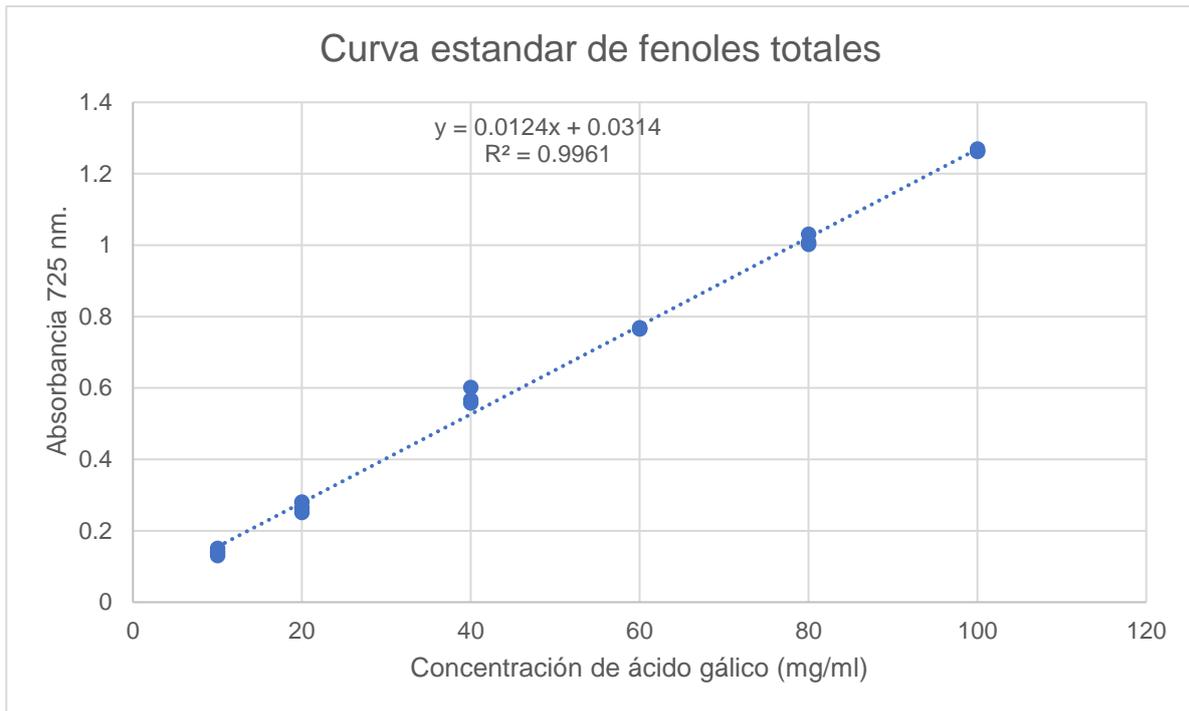
Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
KVF	3	61.6967	A
KVC	3	64.3867	B
KVO	3	65.87	C

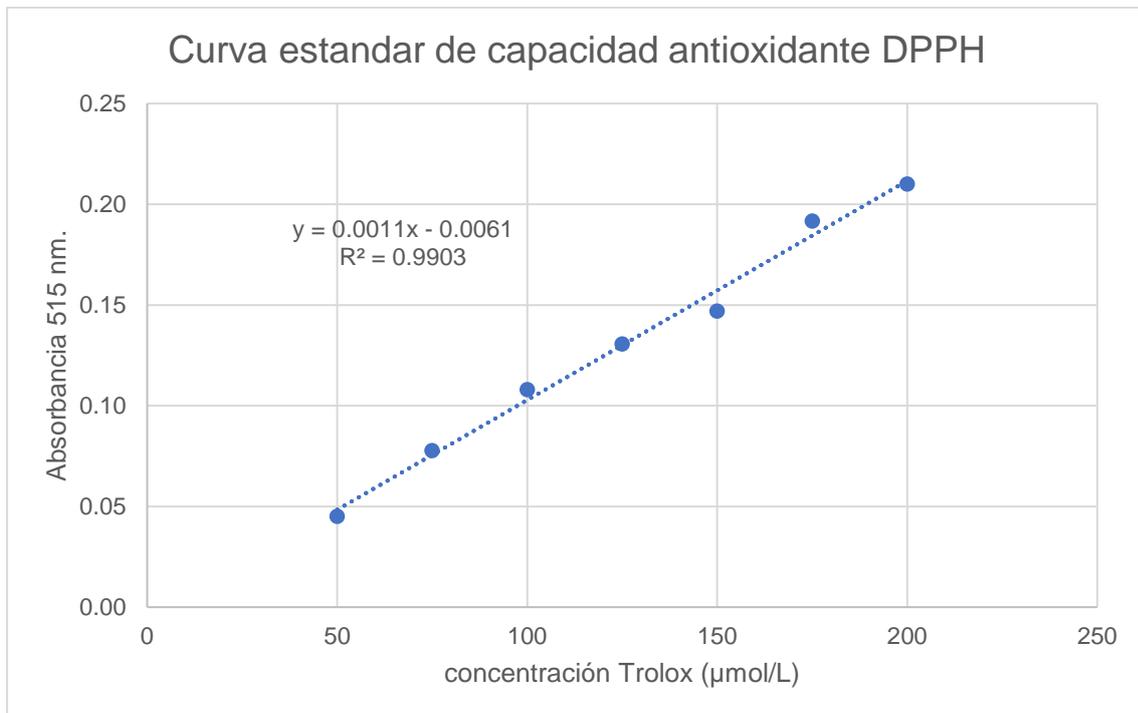
Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
KVC - KVF	*	2.69	1.20475
KVC - KVO	*	-1.48333	1.20475
KVF - KVO	*	-4.17333	1.20475

*: señala una diferencia significativa.

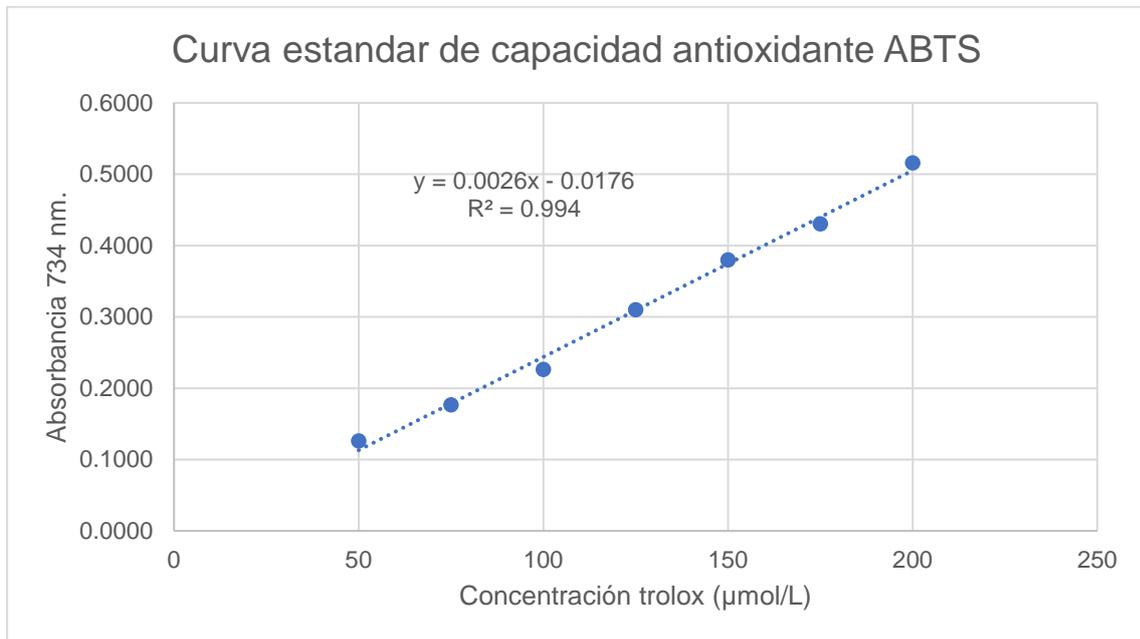
Anexo 14. Curva de calibración para compuestos fenólicos



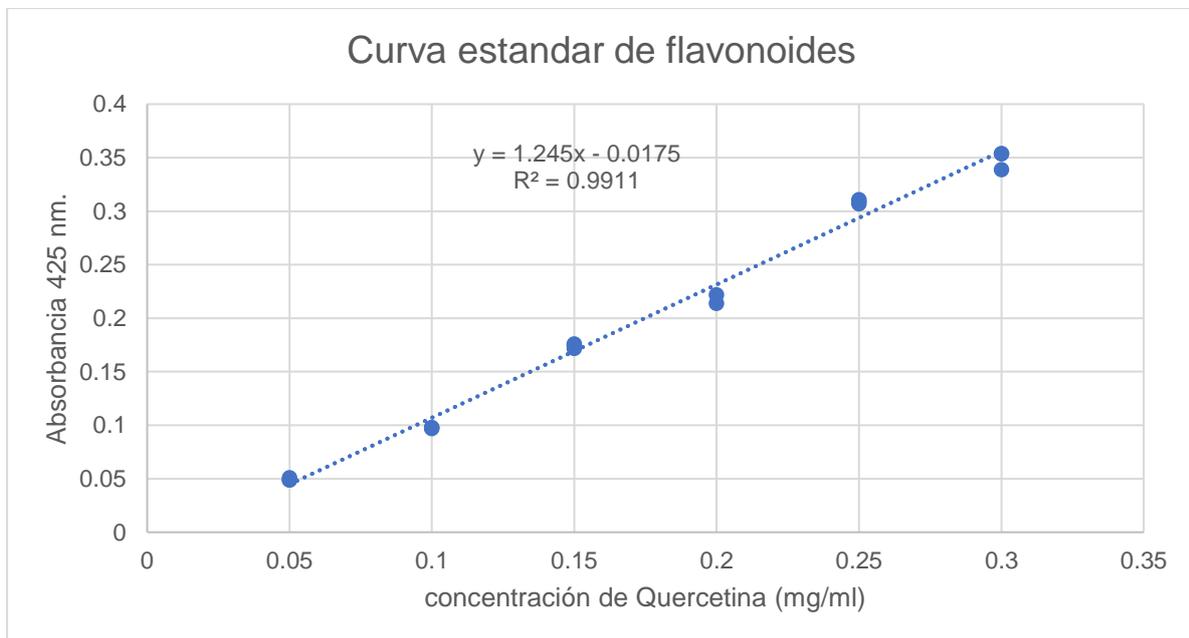
Anexo 15. Curva de calibración para DPPH



Anexo 16. Curva de calibración ABTS+



Anexo 17. Curva de calibración flavonoides



Anexo 18. Granos de kiwicha y molino de martillos.

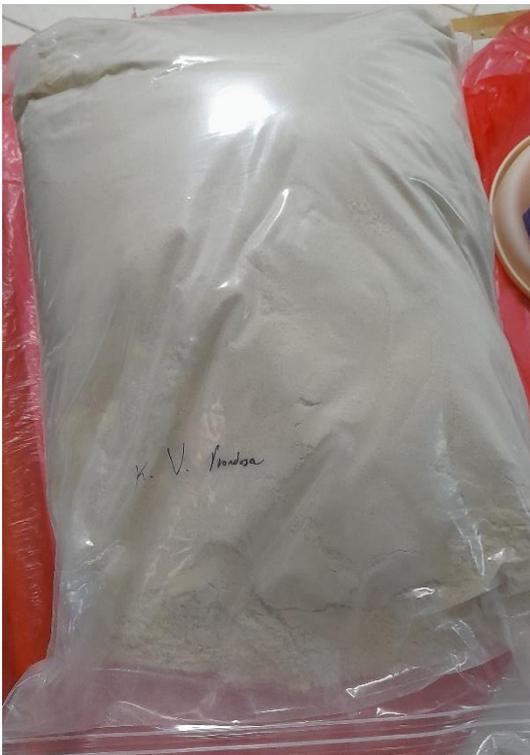


Granos de kiwicha variedad centenario y frondosa



Molino de granos de kiwicha

Anexo 19. Harina obtenida de kiwicha y tamizado



Empacado de Harina obtenida de kiwicha



Tamizador magnético

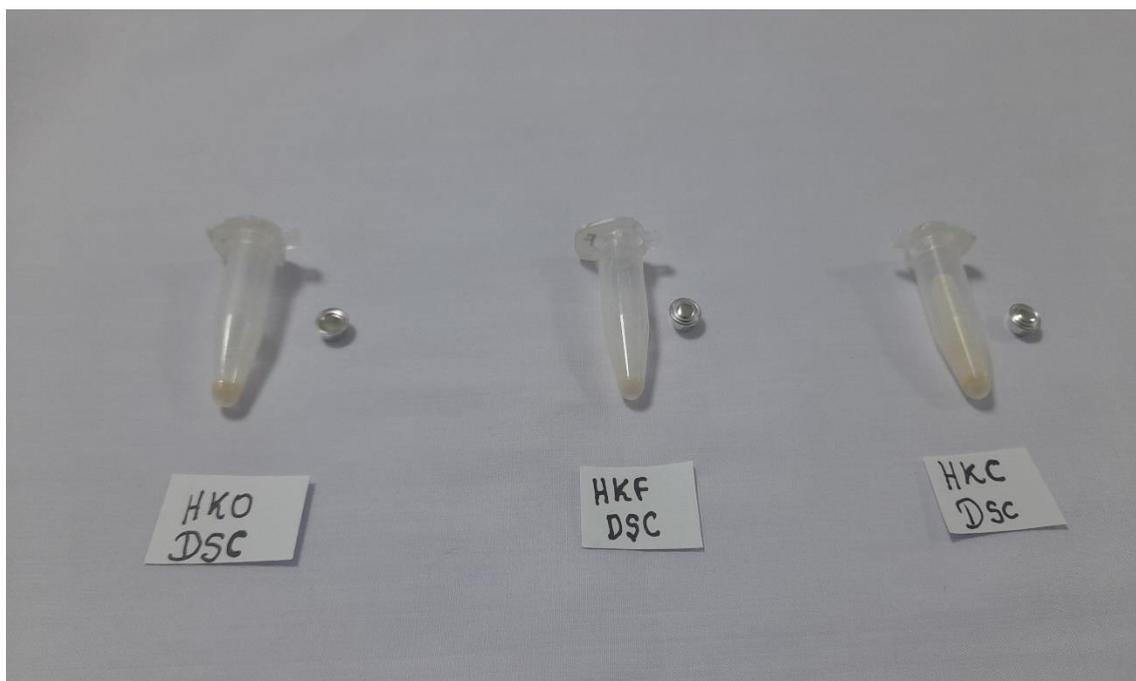
Anexo 20. Harina tamizada (#100)



Anexo 21. Equipo Calorimétrico Diferencial de Barrido (DSC)

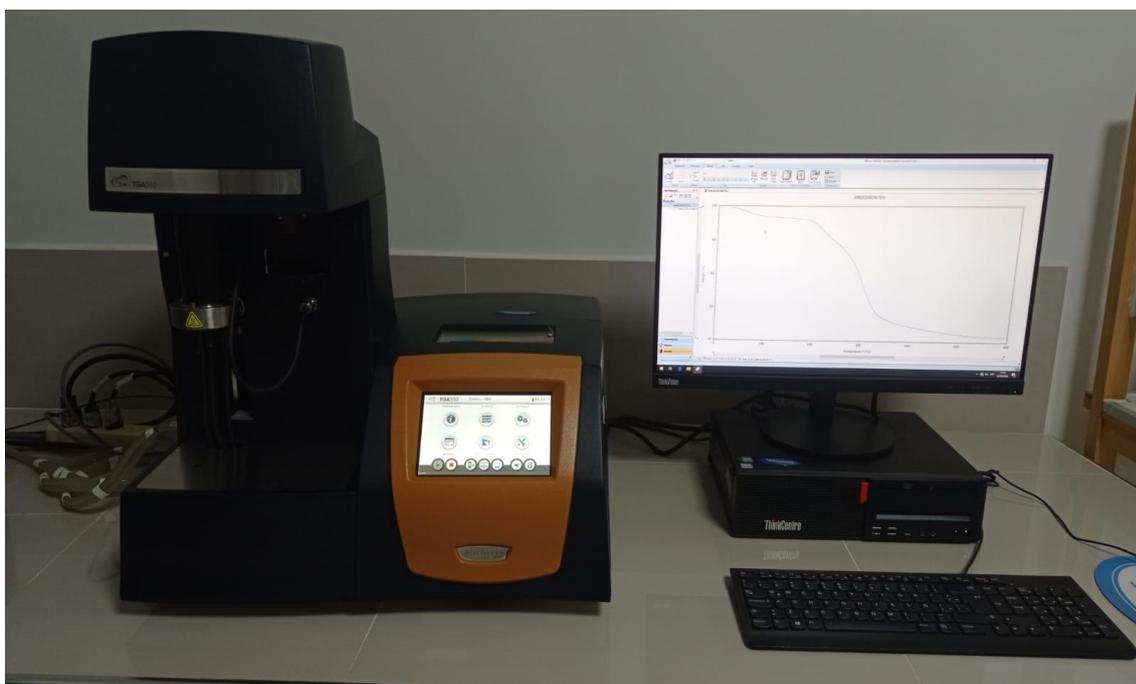


Anexo 22. Preparación de muestra para DSC



Donde: HKO; Harina de kiwicha Oscar blanco, HKF; harina de kiwicha Frondosa, HKC; harina de kiwicha centenario

Anexo 23. Equipo Analizador Termogravimétrico (TGA)



Anexo 24. Preparación de muestra para las propiedades tecnofuncionales



Rotulado de los tubos falcon



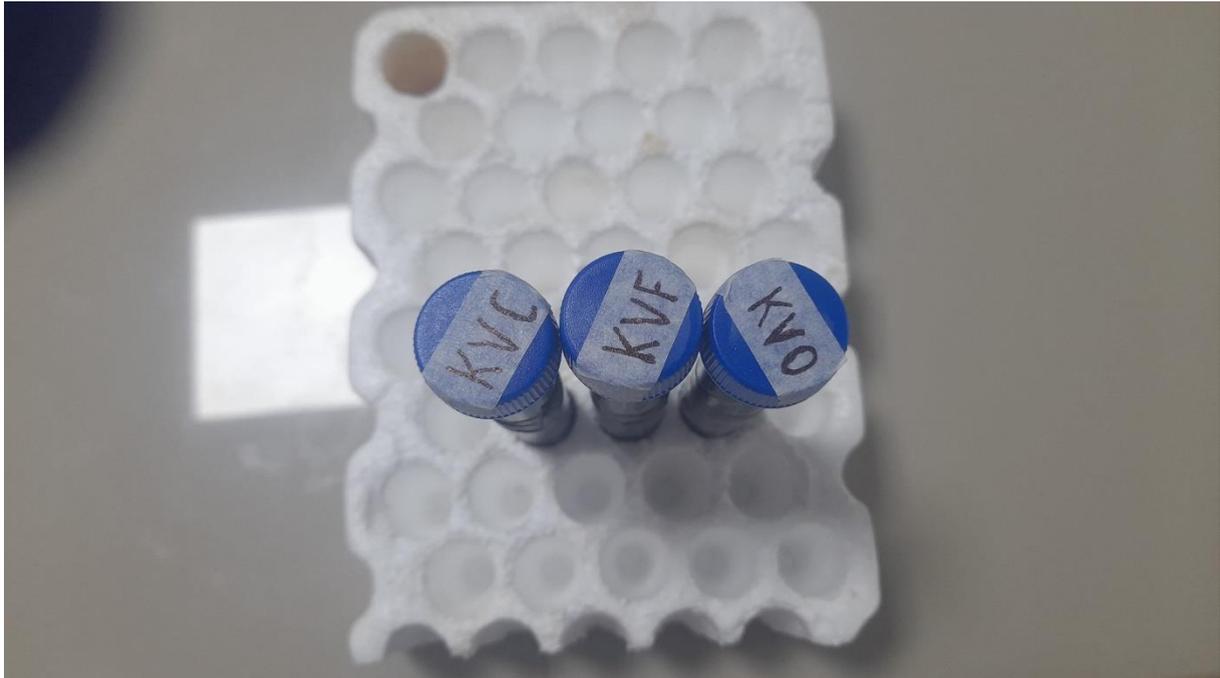
Pesado de muestra de harinas obtenidas de kiwicha

Anexo 25. Propiedades tecnofuncionales



Poder de hinchamiento

Anexo 26. Extracción metanólica, para el análisis de compuestos bioactivos

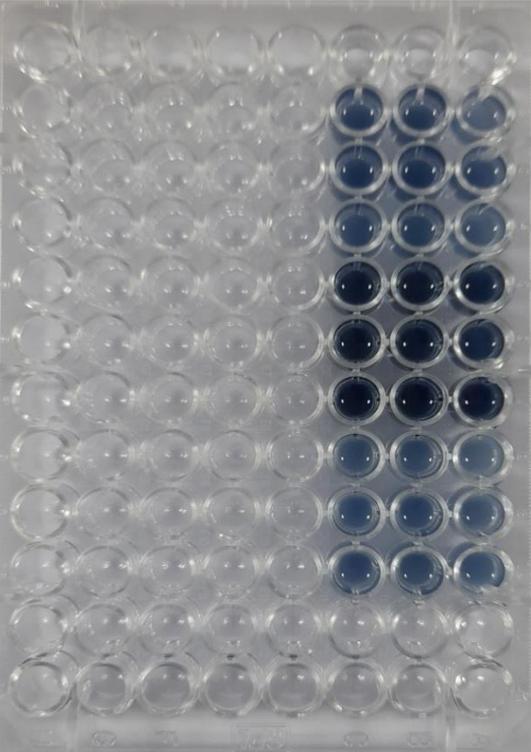


Donde: KVC; Kiwicha variedad centenario, KVF; Kiwicha variedad frondosa, KVO; Kiwicha variedad Oscar blanco.

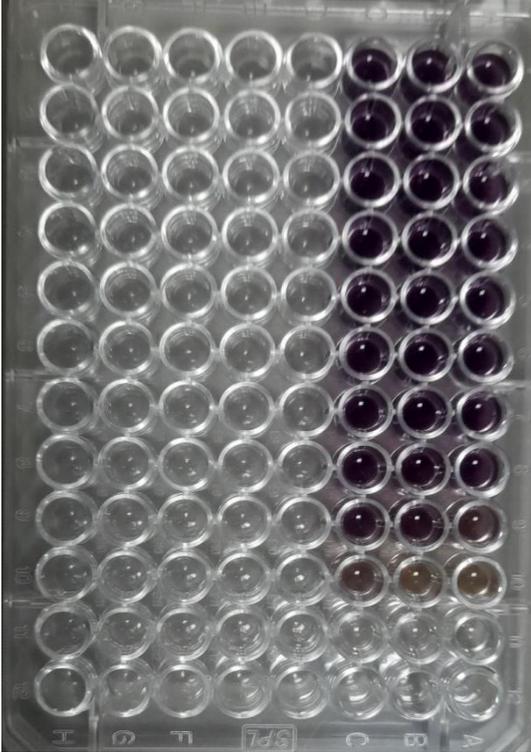
Anexo 27. Análisis de compuestos bioactivos mediante el lector multimodal de micro placas



Anexo 28. Curva de calibración y análisis de compuestos bioactivos



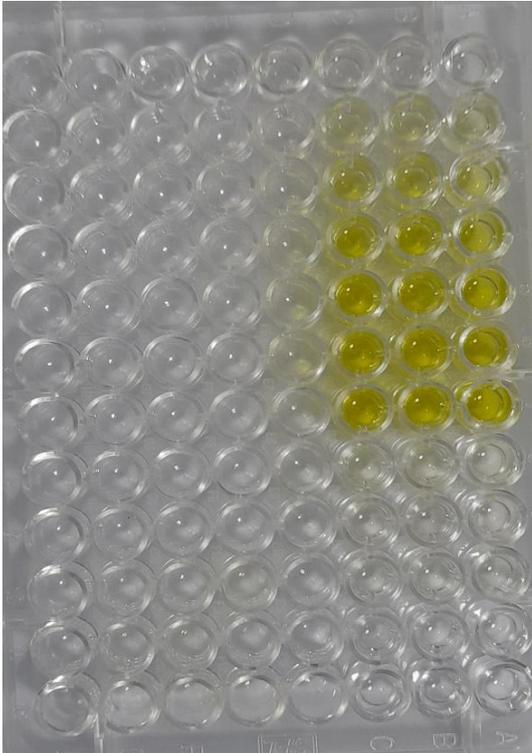
Reacción de compuestos fenólicos



Reacción de capacidad antioxidante por DPPH



Reacción de capacidad antioxidante por ABTS+



Reacción de compuestos flavonoicos

Anexo 29. Análisis proximal de harina obtenida de kiwicha de la variedad Centenario



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE CIENCIAS

Av. de la Cultura 733 - Pabellón "C" Of. 106 1er. piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Perú



UNIDAD DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICO
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA

INFORME DE ANÁLISIS

Nº0030-24-LAQ

SOLICITANTE : BLADIMIR LEGUIA ALTAMIRANO
LUIS ALBERT QUISPE VASQUEZ

MUESTRA : HARINA DE KIWICHA, VARIEDAD CENTENARIO
1.- PRIMERA DETERMINACION
2.- SEGUNDA DETERMINACION
3.- TERCERA DETERMINACION

FECHA : C/25/01/2024

RESULTADO ANALISIS FISICOQUIMICO:

	1	2	3
Humedad %	9,17	9,35	9,23
Proteína %	17,70	17,05	17,33
Grasa %	5,88	5,96	5,79
Ceniza %	3,62	3,21	3,55
Fibra %	1,44	1,59	1,56
Carbohidratos %	63,63	64,43	65,10
Energía Kcal/100	379,04	378,30	378,28

Métodos: AOAC 964.22, AOAC 955.04, AOAC 920.39, AOAC 942.09, AOAC 962.05
C.H. Diferencia, Energía calculada.

Cusco, 09 de Febrero 2024



Anexo 30. Análisis proximal de harina obtenida de kiwicha de la variedad Frondosa



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE CIENCIAS

Av. de la Cultura 733 - Pabellón "C" Of. 106 1er. piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Perú



UNIDAD DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICO
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA

INFORME DE ANÁLISIS

Nº0031-24-LAQ

SOLICITANTE : BLADIMIR LEGUIA ALTAMIRANO
LUIS ALBERT QUISPE VASQUEZ

MUESTRA : HARINA DE KIWICHA, VARIEDAD FRONDOSA
1.- PRIMERA DETERMINACION
2.- SEGUNDA DETERMINACION
3.- TERCERA DETERMINACION

FECHA : C/25/01/2024

RESULTADO ANALISIS FISICOQUIMICO:

	1	2	3
Humedad %	8,86	8,86	8,77
Proteína %	20,68	19,98	20,24
Grasa %	6,24	6,31	6,19
Ceniza %	2,90	2,91	2,97
Fibra %	1,52	1,60	1,58
Carbohidratos %	61,32	61,94	61,83
Energía Kcal/100	384,16	384,47	383,99

Métodos: AOAC 964.22, AOAC 955.04, AOAC 920.39, AOAC 942.09, AOAC 962.05
C.H. Diferencia, Energía calculada.

Cusco, 09 de Febrero 2024



Anexo 31. Análisis proximal de harina obtenida de kiwicha de la variedad Oscar blanco



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE CIENCIAS

Av. de la Cultura 733 - Pabellón "C" Of. 106 1er. piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Perú



UNIDAD DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICO
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA

INFORME DE ANÁLISIS

Nº0032-24-LAQ

SOLICITANTE : BLADIMIR LEGUIA ALTAMIRANO
LUIS ALBERT QUISPE VASQUEZ

MUESTRA : HARINA DE KIWICHA, VARIEDAD OSCAR BLANCO
1.- PRIMERA DETERMINACION
2.- SEGUNDA DETERMINACION
3.- TERCERA DETERMINACION

FECHA : C/25/01/2024

RESULTADO ANALISIS FISICOQUIMICO:

	1	2	3
Humedad %	10,10	10,17	10,28
Proteína %	14,89	15,10	15,21
Grasa %	6,13	6,06	6,08
Ceniza %	2,79	2,83	2,75
Fibra %	1,50	1,57	1,52
Carbohidratos %	66,09	65,84	65,68
Energía Kcal/100	378,24	379,56	381,83

Métodos: AOAC 964.22, AOAC 955.04, AOAC 920.39, AOAC 942.09, AOAC 962.05
C.H. Diferencia, Energía calculada.

Cusco, 09 de Febrero 2024

Melquedes Herrera Antofes
RESPONSABLE DEL LABORATORIO
DE ANÁLISIS QUÍMICO

Anexo 32. Matriz de consistencia

Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variable	Unidad de medida	Instrumentos de medición
PG.	OG.	HG.	Harinas obtenidas de kiwicha.		
¿Cuál será el comportamiento térmico, las propiedades tecnofuncionales, los compuestos bioactivos y el análisis proximal de harinas obtenidas de kiwicha de tres variedades producidas en Andahuaylas?	Evaluar el comportamiento térmico, las propiedades tecnofuncionales, los compuestos bioactivos y el análisis proximal de harinas obtenidas de Kiwicha de tres variedades producidas en Andahuaylas.	El comportamiento térmico, las propiedades tecnofuncionales, los compuestos bioactivos y el análisis proximal muestran diferencias significativas en las harinas obtenidas de kiwicha de las tres variedades.	<ul style="list-style-type: none"> • Variedad Centenario • Variedad Frondosa • Variedad Oscar blanco 		
PE.	OE.	HE.			
¿Cuál será la temperatura de gelatinización, entalpía de gelatinización, transición vítrea, calor específico y la descomposición térmica en harinas obtenidas de kiwicha de tres variedades?	Determinar la temperatura de gelatinización, entalpía de gelatinización, transición vítrea, calor específico y descomposición térmica en harinas obtenidas de kiwicha en tres variedades.	La evaluación del comportamiento térmico (temperatura de gelatinización, entalpía de gelatinización, calor específico, transición vítrea y descomposición térmica) muestran diferencias en las harinas obtenidas de kiwicha de las tres variedades.	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura de gelatinización • Entalpía de gelatinización • Transición vítrea • Calor específico • Descomposición térmica 	°C J/g °C J/g. °C °C	Calorímetro diferencial de barrido Analizador Termogravimétrico

Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variable	Unidad de medida	Instrumentos de medición
¿Cuál será la cantidad de poder de hinchamiento, solubilidad en agua y capacidad de absorción de agua en harinas obtenidas de kiwicha de tres variedades?	Determinar el poder de hinchamiento, solubilidad en agua y capacidad de absorción de agua de harinas obtenidas de kiwicha en tres variedades.	Las propiedades tecnofuncionales (poder de hinchamiento, capacidad de absorción de agua y solubilidad en agua) muestran diferencias significativas en las harinas obtenidas de kiwicha de las tres variedades.	<ul style="list-style-type: none"> • Poder de hinchamiento • Solubilidad en agua • Capacidad de absorción de agua 	g/g g/g %	Indirecto Indirecto Indirecto
¿Cuál será el contenido de fenoles totales, capacidad antioxidante y flavonoides en harinas obtenidas de kiwicha de tres variedades?	Determinar el contenido de fenoles totales, capacidad antioxidante y flavonoides de harinas obtenidas de kiwicha en tres variedades.	Los compuestos bioactivos (fenoles totales, capacidad antioxidante y flavonoides) muestran diferencias significativas en las harinas obtenidas de kiwicha de las tres variedades.	<ul style="list-style-type: none"> • Compuestos fenólicos • Capacidad antioxidante • Flavonoides 	mg GAE/100g mg TE/100g Quercetina/100g	Lector multimodal de micro placas
¿Cuál será el porcentaje de humedad, proteínas, grasa, ceniza, fibra y carbohidratos en las harinas obtenidas de kiwicha de las tres variedades?	Determinar el porcentaje de humedad, proteína, grasa, ceniza, fibra y carbohidratos de harinas obtenidas de kiwicha en tres variedades.	Los análisis proximales (humedad, proteína, grasa, ceniza, fibra y carbohidratos) muestran diferencias significativas en las harinas obtenidas de kiwicha de las tres variedades.	<ul style="list-style-type: none"> • Proteínas • Grasa • Ceniza • Fibra • Carbohidratos • humedad 	%	AOAC 955.04 AOAC 920.39 AOAC 942.05 AOAC 962.05 Indirecto AOAC 964.22



**FORMATO DE AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO
INSTITUCIONAL DE LA UNAJMA**

Formulario de autorización para la publicación electrónica en la página web del Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de José María Arguedas, de conformidad con la Ley N° 30035 Ley que regula el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto y Resolución de Comisión Organizadora N° 0203-2021 que aprueba el Reglamento que regula el Repositorio Institucional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto de la Universidad Nacional de José María Arguedas.

1. DATOS DEL AUTOR:

Nombres y Apellidos: Bladimir Leguía Altamirano

DNI / Carnet de Extranjería: 74599918

Correo Institucional: 1006320172@unajma.edu.pe

Teléfono/Celular: 993216429

Correo Electrónico: bladimirleguia12345@gmail.com

2. GRADO, TÍTULO O ESPECIALIZACIÓN (Marque con una X)

Bachiller	Título Profesional	Magíster	Doctor	Segunda Especialidad
	X			

3. TIPO DE PUBLICACIÓN (Marque con una X)

Tesis	Trabajo Académico	Trabajo de investigación	Trabajo de Suficiencia profesional
X			



4. DATOS DE LA PUBLICACION:

Título: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO TÉRMICO, PROPIEDADES TECNOFUNCIONALES, COMPUESTOS BIOACTIVOS Y ANÁLISIS PROXIMAL DE HARINAS OBTENIDAS DE KIWICHA (*Amaranthus caudatus*) DE TRES VARIEDADES PRODUCIDAS EN ANDAHUAYLAS

Resolución de Acta de Sustentación:

RESOLUCION DECANAL N° 0716-2024-D-FI-UNAJMA

5. DATOS DEL ASESOR:

Nombres y Apellidos: Mtro. Fredy Taipe Pardo

DNI/Pasaporte/Cédula: 31180941

ORCID: [0000-0002-8234-7643](https://orcid.org/0000-0002-8234-7643)

6. DATOS DEL CO-ASESOR:

Nombres y Apellidos: Mg. Jimmy Aroni Huamán

DNI/Pasaporte/Cédula: 46149870

ORCID: [0000-0003-2756-6904](https://orcid.org/0000-0003-2756-6904)

.....
Firma

DNI: 74599918

Bladimir Leguía Altamirano



LICENCIAS

Licencia Estándar

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional Digital de la UNAJMA.

Con la autorización de depósito de mi trabajo de investigación otorgo a la Universidad Nacional de José María Arguedas, una Licencia No Exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi trabajo de investigación (incluido el resumen), en formato físico o digital en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios provistos por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Institucional Digital de la UNAJMA, Colección de Tesis, entre otros, en el Perú y en el extranjero, por el tiempo y veces que considere necesarias y libre de remuneraciones.

En virtud de dicha Licencia, la Universidad Nacional de José María Arguedas, podrá reproducir mi trabajo de investigación en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con los propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que el trabajo de investigación es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, o coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicho trabajo de investigación no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Nacional de José María Arguedas consignará el nombre del/los autores/es del trabajo de investigación, y no le hará ninguna modificación más de la permitida en la presente licencia.

Autorizo el depósito (marque con una X).

(X) SI autorizo que se deposite inmediatamente.

() No autorizo.

Fecha: 11 de Diciembre del 2024

.....
Firma

DNI N°: 74599918

Bladimir Leguía Altamirano

