

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



Presentado por:

Bach. ROSMERI CASTRO LIZANA

**EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES ESTRUCTURALES,
TECNOFUNCIONALES, COMPORTAMIENTO TÉRMICO Y
COMPOSICIÓN PROXIMAL DE LAS HARINAS DE TRES
VARIEDADES DE HABA (*Vicia faba* L.) PRODUCIDAS EN
LA REGIÓN APURÍMAC**

Asesor: Mg. FREDY TAIPE PARDO

Co - Asesor: Mg. CELIA ROCIO YAURIS SILVERA

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

ANDAHUAYLAS – APURIMAC – PERU

2024



APROBACION DEL ASESOR

Quién suscribe:

Mg. Fredy Taipe Pardo, por la presente:

CERTIFICA,

Que, la Bachiller en Ingeniería Agroindustrial, Rosmeri Castro Lizana ha culminado satisfactoriamente el informe final de tesis intitulado: **“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES ESTRUCTURALES, TECNOFUNCIONALES, COMPORTAMIENTO TÉRMICO Y COMPOSICIÓN PROXIMAL DE LAS HARINAS DE TRES VARIEDADES DE HABA (*Vicia faba* L.) PRODUCIDAS EN LA REGION APURÍMAC”**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial.

Andahuaylas, 03 de octubre del 2024

Mg. Fredy Taipe Pardo
Asesor

Bach. Rosmeri Castro Lizana
Tesista



APROBACION DEL CO-ASESOR

Quién suscribe:

Mg. Celia Rocio Yauris Silvera, por la presente:

CERTIFICA,

Que, la Bachiller en Ingeniería Agroindustrial, Rosmeri Castro Lizana ha culminado satisfactoriamente el informe final de tesis intitulado: **“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES ESTRUCTURALES, TECNOFUNCIONALES, COMPORTAMIENTO TÉRMICO Y COMPOSICIÓN PROXIMAL DE LAS HARINAS DE TRES VARIEDADES DE HABA (*Vicia faba* L.) PRODUCIDAS EN LA REGION APURÍMAC”**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial.

Andahuaylas, 03 de octubre del 2024

Mg. Celia Rocio Yauris Silvera
Co-asesor

Bach. Rosmeri Castro Lizana
Tesista



**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 jueves 03 de octubre de 2024, se reunieron los docentes: Dr. David Juan Ramos Huallpartupa, Ing. Gina Genoveva Toro Rodríguez, Dr. Denis Hernán Gutiérrez Martínez, en condición de integrantes del Jurado Evaluador del Informe Final de Tesis intitulado: **“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES ESTRUCTURALES, TECNOFUNCIONALES, COMPORTAMIENTO TÉRMICO Y COMPOSICIÓN PROXIMAL DE LAS HARINAS DE TRES VARIETADES DE HABA (VICIA FABA L.) PRODUCIDAS EN LA REGIÓN APURÍMAC”** cuya autora es la Bachiller en Ingeniería Agroindustrial **ROSMERI CASTRO LIZANA**, el asesor Mg. Fredy Taipe Pardo y co-asesora Mg. Celia Rocío Yauris Silvera., 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 la Bachiller en Ingeniería Agroindustrial **ROSMERI CASTRO LIZANA**, obteniendo la siguiente calificación y mención:

| Nota escala vigesimal | | Mención |
|-----------------------|--------|---------|
| Números | Letras | |
| 13 | TRECE | REGULAR |

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 Rodríguez
Primer Miembro del Jurado Evaluador


.....
Dr. Denis Hernán Gutiérrez Martínez
Segundo Miembro del Jurado Evaluador





APROBACIÓN DEL JURADOR DICTAMINADOR

La tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES ESTRUCTURALES, TECNOFUNCIONALES, COMPORTAMIENTO TÉRMICO Y COMPOSICIÓN PROXIMAL DE LAS HARINAS DE TRES VARIEDADES DE HABA (*Vicia faba* L.) PRODUCIDAS EN LA REGION APURÍMAC", ha sido evaluada por el jurado dictaminador conformado por:

PRESIDENTE: Dr. David Juan Ramos Huallpartupa

PRIMER MIEMBRO: Ing. Gina Genoveva Toro Rodriguez

SEGUNDO MIEMBRO: Dr. Denis Hernán Gutiérrez Martínez

Andahuaylas, 03 de octubre del 2024

.....
Dr. David Juan Ramos Huallpartupa
Presidente Jurado evaluador

.....
Ing. Gina Genoveva Toro Rodriguez
Primer miembro de Jurado evaluador

.....
Dr. Denis Hernán Gutiérrez Martínez
segundo miembro de Jurado evaluador



INFORME DE ORIGINALIDAD

El que suscribe el Asesor del trabajo de investigación/tesis, titulada: **"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES ESTRUCTURALES, TECNOFUNCIONALES, COMPORTAMIENTO TÉRMICO Y COMPOSICIÓN PROXIMAL DE LAS HARINAS DE TRES VARIEDADES DE HABA (*Vicia faba* L.) PRODUCIDAS EN LA REGION APURÍMAC"** presentada por la **Bach. Rosmeri Castro Lizana**, con DNI N° 70686811, 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 turnitin, conforme el reglamento vigente, verificándose un porcentaje de **20% 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, 03 de octubre del 2024

Mg. Fredy Taípe Pardo

Asesor de tesis

DNI N°:31180941

ORCID: 0000-0002-8234-7643



INFORME DE ORIGINALIDAD

El que suscribe Co-Asesor del trabajo de investigación/tesis, titulada: **"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES ESTRUCTURALES, TECNOFUNCIONALES, COMPORTAMIENTO TÉRMICO Y COMPOSICIÓN PROXIMAL DE LAS HARINAS DE TRES VARIEDADES DE HABA (*Vicia faba* L.) PRODUCIDAS EN LA REGION APURÍMAC"** presentada por la **Bach. Rosmeri Castro Lizana**, con DNI N° 70686811, 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 turnitin, conforme el reglamento vigente, verificándose un porcentaje de **20% 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, 03 de octubre del 2024

Mg. Celia Rocio Yauris Silvera

Co-Asesor de tesis

DNI N°:70671512

ORCID: 0000-0003-2681-7724

Se adjunta:

1. Reporte firmado, generado por el software

NOMBRE DEL TRABAJO

INFORME FINAL APROBADO CON RESOLUCIÓN.docx

AUTOR

ROSMERI CASTRO LIZANA

RECuento DE PALABRAS

27175 Words

RECuento DE CARACTERES

146469 Characters

RECuento DE PÁGINAS

122 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

3.5MB

FECHA DE ENTREGA

Oct 11, 2024 10:55 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Oct 11, 2024 10:57 AM GMT-5

● **20% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 20% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 7% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)


Mg. Fredy Taipa P.
Asesor


UNIVERSIDAD NACIONAL
JOSE MARTI
Mg. Celia R. Yauris Silveira
DOCENTE


70686811
Tesisista

● 20% de similitud general

Principales fuentes encontradas en las siguientes bases de datos:

- 20% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 7% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

FUENTES PRINCIPALES

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

| | | |
|---|--|-----|
| 1 | repositorio.unajma.edu.pe Internet | 5% |
| 2 | hdl.handle.net Internet | 3% |
| 3 | secgen.unajma.edu.pe Internet | <1% |
| 4 | repositorio.unsaac.edu.pe Internet | <1% |
| 5 | repositorio.unap.edu.pe Internet | <1% |
| 6 | revistas.unfv.edu.pe Internet | <1% |
| 7 | agrociencia-colpos.org Internet | <1% |
| 8 | dspace.unitru.edu.pe Internet | <1% |

Mg. Freddy Taipei P
Asesor



Ruiz
70686811
Tesis ta

| | | |
|----|--|-----|
| 9 | repositorio.upec.edu.ec Internet | <1% |
| 10 | scielo.org.co Internet | <1% |
| 11 | es.scribd.com Internet | <1% |
| 12 | repositorio.unal.edu.co Internet | <1% |
| 13 | riunet.upv.es Internet | <1% |
| 14 | eprints.uanl.mx Internet | <1% |
| 15 | coursehero.com Internet | <1% |
| 16 | docplayer.es Internet | <1% |
| 17 | 1library.co Internet | <1% |
| 18 | scribd.com Internet | <1% |
| 19 | repositorio.lamolina.edu.pe Internet | <1% |
| 20 | grafiati.com Internet | <1% |

*Mg. Freddy Taipe P.
Asesor*

UNIVERSIDAD NACIONAL
JOSE MARÍA ARGÜELOS
Mg. Celia R. Yauris Sili
DOCENTE

*70686811
Tesisista*

| | | |
|----|--|-----|
| 21 | dspace.espol.edu.ec Internet | <1% |
| 22 | webcache.googleusercontent.com Internet | <1% |
| 23 | moam.info Internet | <1% |
| 24 | orcid.org Internet | <1% |
| 25 | repositorio.inia.gob.pe Internet | <1% |
| 26 | repositorio.unach.edu.pe Internet | <1% |
| 27 | repositorio.unamba.edu.pe Internet | <1% |
| 28 | intagri.com Internet | <1% |
| 29 | doczz.es Internet | <1% |
| 30 | patents.google.com Internet | <1% |
| 31 | SALLQA PACHA PERU S.A.C.. "ITS para la Ampliación de la Capacidad ..." Publication | <1% |
| 32 | revistascientificas.cuc.edu.co Internet | <1% |

*Mg. Freddy Taipo P.
Asesor*

UNIVERSIDAD NACIONAL
JOSE MARÍA PASTOR DAS
Mg. Celia R. Yauris Sili
DOCENTE

*70686811
Tesisista*

| | | |
|----|---|-----|
| 33 | idus.us.es Internet | <1% |
| 34 | "7 ° Congreso Internacional de Ingeniería Agroindustrial", Corporacion ... Crossref | <1% |
| 35 | eprints.ucm.es Internet | <1% |
| 36 | revistas.itm.edu.co Internet | <1% |
| 37 | expeditiorepositorio.utadeo.edu.co Internet | <1% |
| 38 | repositorio.unprg.edu.pe Internet | <1% |
| 39 | dspace.ueb.edu.ec Internet | <1% |
| 40 | repositorio.espam.edu.ec Internet | <1% |
| 41 | sedici.unlp.edu.ar Internet | <1% |
| 42 | cybertesis.uni.edu.pe Internet | <1% |
| 43 | documentos.uru.edu Internet | <1% |
| 44 | repositorio.uta.edu.ec Internet | <1% |


Mg. Freddy Taipei P.
Asesor


UNIVERSIDAD NACIONAL
JOSE MARIA VARGAS
Mg. Celia R. Yauris Silveira
DOCENTE


706868 11
Teas ta

| | | |
|----|--|-----|
| 45 | revistaalfa.org Internet | <1% |
| 46 | sabiia.cnptia.embrapa.br Internet | <1% |
| 47 | repositorio.unan.edu.ni Internet | <1% |
| 48 | repositorio.unheval.edu.pe Internet | <1% |
| 49 | repositorioinstitucional.buap.mx Internet | <1% |
| 50 | slideshare.net Internet | <1% |
| 51 | Sergiy Ivashchenko. "Sistemas combinados de ácido hialurónico y polí..." Crossref posted content | <1% |
| 52 | colposdigital.colpos.mx:8080 Internet | <1% |
| 53 | discovery.researcher.life Internet | <1% |
| 54 | idoc.pub Internet | <1% |
| 55 | repositorio.chapingo.edu.mx Internet | <1% |
| 56 | repositorio.uncp.edu.pe Internet | <1% |

*Mg. Freddy Taipe P.
Asesor*

UNIVERSIDAD NACIONAL
JOSE MARIA ARGUEDAS
.....
Mg. Celia R. Tavira S.
DOCENTE

Ramiro C.
70686811
Tesisista

| | | |
|----|---|-----|
| 57 | universidades.gob.es Internet | <1% |
| 58 | Aina Pérez Nakai. "Desarrollo de nuevos materiales poliméricos y com... Crossref posted content | <1% |
| 59 | C. Antonio-Estrada, L. A. Bello-Pérez, C. E. Martínez-Sánchez, J. L. Mo... Crossref | <1% |
| 60 | tel.archives-ouvertes.fr Internet | <1% |
| 61 | consumer.es Internet | <1% |
| 62 | distancia.udh.edu.pe Internet | <1% |
| 63 | dspace.esPOCH.edu.ec Internet | <1% |
| 64 | repositorio.unc.edu.pe Internet | <1% |
| 65 | rmiq.org Internet | <1% |
| 66 | tesis.ipn.mx Internet | <1% |
| 67 | transparencia.mtc.gob.pe Internet | <1% |
| 68 | upc.aws.openrepository.com Internet | <1% |

*Mg. Freddy Taipei P
Asesor*



*Rivero
70686811
Tesisista*

| | | | |
|----|--|-------------------------|-----|
| 69 | 10316b55-bcaf-49d1-aa23-a9959305f101.filesusr.com | Internet | <1% |
| 70 | Aviles Gonzalez, Maria Dolores. "Estudio de nuevos materiales, superfi... | Publication | <1% |
| 71 | FIDEL SALAS VICENTE. "Investigación y modelización de la adherencia... | Crossref posted content | <1% |
| 72 | ciqa.repositorioinstitucional.mx | Internet | <1% |
| 73 | mundoagricola.galeon.com | Internet | <1% |
| 74 | myb.ojs.inecol.mx | Internet | <1% |
| 75 | repositorio.uandina.edu.pe | Internet | <1% |
| 76 | revistascientificas.uach.mx | Internet | <1% |
| 77 | researchgate.net | Internet | <1% |
| 78 | Lourdes Soriano Martinez. "Nuevas aportaciones en el desarrollo de m... | Crossref posted content | <1% |
| 79 | M. R. Molina, O. A. Garro, M. A. Judis. " CALIDAD ALIMENTICIA Y ESTA... | Crossref | <1% |
| 80 | Matías Raimundo Monzó Pérez. "Investigación de la influencia del tipo ... | Crossref posted content | <1% |

*Mg. Freddy Taïre P.
Asesor*

UNIVERSIDAD NACIONAL
JOSE MARIA ARGUEDAS
*Mg. Celia R. Vauris Silvera
DOCENTE*

*Raimundo
70686811
Tesis*

| | | |
|----|--|-----|
| 81 | R. J. Galán-Arboledas, A. Merino, S. Bueno. "Utilización de nuevas mat... Crossref | <1% |
| 82 | Raquel Monge Ortiz. "Efecto de la sustitución de la harina y el aceite d... Crossref posted content | <1% |
| 83 | Tapie Canacuan, Gladys del Socorro. "Utilizacion De Suero Acido Lacte... Publication | <1% |
| 84 | catalonica.bnc.cat Internet | <1% |
| 85 | hcastillo.tripod.com Internet | <1% |
| 86 | dspace.unica.cu Internet | <1% |
| 87 | eu-conexus.openaire.eu Internet | <1% |
| 88 | fdocuments.es Internet | <1% |
| 89 | issuu.com Internet | <1% |
| 90 | pmii.itsm.edu.mx Internet | <1% |
| 91 | polodelconocimiento.com Internet | <1% |
| 92 | qdoc.tips Internet | <1% |


Mg. Freddy Tapie P.
Asesor


UNIVERSIDAD NACIONAL
JOSE...
Mg. Celso Silveira


70686811
Tesisista

| | | |
|-----|--|-----|
| 93 | redpav-fpolar.info.ve Internet | <1% |
| 94 | repositorio.uas.edu.mx Internet | <1% |
| 95 | repositorio.uns.edu.pe Internet | <1% |
| 96 | ri-ng.uaq.mx Internet | <1% |
| 97 | rid.unam.edu.ar Internet | <1% |
| 98 | researchsquare.com Internet | <1% |
| 99 | trumpf.com Internet | <1% |
| 100 | M. Gaytán-Martínez, J.D.C. Figueroa, P.A. Vázquez-Landaverde, E. Mor... Crossref | <1% |
| 101 | ROMINA MARÍA FABRE. "EFECTO DE LA MADURACIÓN, ESTIMULACIÓ... Crossref posted content | <1% |
| 102 | Sarmiento, Bruno Filipe Carmelino Cardoso. "Improvement of Peptidic ... Publication | <1% |
| 103 | acikbilim.yok.gov.tr Internet | <1% |
| 104 | bdigital.unal.edu.co Internet | <1% |

[Handwritten signature]
Mg. Tedy Taipei B.
Asesor

UNIVERSIDAD NACIONAL
JOSE MANUEL VIAL
Mg. Celia D. ...
DOCENTE

[Handwritten signature]
70686811
Tesisista.

| | | |
|-----|--|-----|
| 105 | bibdigital.epn.edu.ec Internet | <1% |
| 106 | core.ac.uk Internet | <1% |
| 107 | dokumen.site Internet | <1% |
| 108 | fia.cl Internet | <1% |
| 109 | hidrobiologica.izt.uam.mx Internet | <1% |
| 110 | investigaciones.uniatlantico.edu.co Internet | <1% |
| 111 | labuenanutricion.com Internet | <1% |
| 112 | maxwellsci.com Internet | <1% |
| 113 | pesquisa.bvsalud.org Internet | <1% |
| 114 | repositorio.continental.edu.pe Internet | <1% |
| 115 | repositorio.ucv.edu.pe Internet | <1% |
| 116 | repositorio.upagu.edu.pe Internet | <1% |






70686844
Tesisista

| | | |
|-----|--|-----|
| 117 | repositorio.upeu.edu.pe Internet | <1% |
| 118 | repository.uamerica.edu.co Internet | <1% |
| 119 | revistas.unicordoba.edu.co Internet | <1% |
| 120 | revistas.unipamplona.edu.co Internet | <1% |
| 121 | dspace.uce.edu.ec Internet | <1% |
| 122 | scielo.cl Internet | <1% |


Mg. Fredy Taipe P.
Asesor

 UNIVERSIDAD NACIONAL
JOSÉ MARÍA ARGÜEDAS

Mg. Celia R. Lauris Silvera
SECRETARÍA


70686811
Tesisista.



Andahuaylas, 25 de octubre de 2024

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

Constancia

De porcentaje de similitud (20%) según el software Turnitin, al informe final de investigación: Evaluación de las propiedades estructurales, tecnofuncionales, comportamiento térmico y composición proximal de las harinas de tres variedades de haba (*Vicia faba* L.) producidas en la región Apurímac Presentado por la **Bach. Rosmeri Castro Lizana** cuyo Asesor Mg. Fredy Taípe Pardo y Coasesor Mg. Celia Rocio Yauris Silvera

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

MSc. Fidelia Tapia Tadeo

Miembro de la

Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería

M.Sc. Richard Carrión Abollaneda

Miembro de la

Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería

C.c
Archivo.



**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: Bach. Rosmeri Castro Lizana

DNI / Carnet de Extranjería: 70686811

Pasaporte N°:

Correo Institucional: 1003920142@unajma.edu.com

Teléfono/Celular: 916396614

Correo Electrónico: rosmericastrol.24@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 | | | |



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).

Si autorizo que se deposite inmediatamente.

No autorizo.


.....
Firma

Documento de identidad: 70686811

Nombres y apellidos: Rosmeri Castro Lizana



DEDICATORIA

A Dios en primer lugar por darme la vida y una hermosa familia, en especial a mi querida madre Anatolia Lizana Rodríguez, por ser mi ejemplo de lucha y apoyo incondicional, quien ha velado para la culminación de mi formación profesional.

A mis hermanos (a): Jhons, Wilder, Eduardo y Marizol por darme ese apoyo y confianza, quienes me motivaron para continuar y por estar pendientes siempre conmigo durante todo este tiempo. Así mismo a mis primas(os) Roberta, Rosa, Felicitas, Rosa y Clemente quienes fueron personas extraordinarias para mí, finalmente a mi padre que me dio la vida, por lo cual estaré inmensamente agradecida.

A mis amigas, Danitza, Caterine y Jeny, por compartir gratas experiencias durante la ejecución de nuestros proyectos de investigación.

AGRADECIMIENTOS

A mi madre, hermanos y familiares, porque son lo más valioso que tengo en la vida, por ser siempre mis principales motivadores y ejemplos a seguir por lo que ahora soy como persona, sin ellos y sus consejos, su amor, paciencia y su cariño no habría sido posible llegar hasta donde estoy.

A la Universidad Nacional José María Arguedas, muy en particular a la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial por darme la oportunidad de formarme profesionalmente, asimismo al Instituto de Investigación de la UNAJMA por brindarme las facilidades para el ingreso a los laboratorios y realizar las pruebas experimentales de esta investigación.

A mi Asesor Mg. Fredy Taipe Pardo y Co-asesora la Mg. Celia Rocío Yauris Silvera, por haberme guiado y orientado en el desarrollo de este trabajo de investigación, así mismo en su culminación, quienes a su vez fueron mis docentes a lo largo de mi carrera universitaria, que gracias a sus consejos, enseñanzas y apoyo brindado encaminaron para ser una buena profesional.

A los miembros del jurado evaluador: Dr. David Juan Ramos Huallpartupa, Ing. Gina Genoveva Toro Rodriguez y Dr. Denis Hernán Gutiérrez Martínez, gracias a sus recomendaciones y correcciones se logró culminar este trabajo de investigación.

Al Ing. Joel Flores Álvarez, técnico del Laboratorio de Investigación Agroindustrial (LIA), quien con su conocimiento y experiencia me oriento en el desarrollo de esta investigación.

A todos aquellos que han contribuido de una u otra forma en la elaboración y ejecución de mi proyecto de investigación.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|------|
| DEDICATORIA | ii |
| AGRADECIMIENTOS | iii |
| ÍNDICE DE TABLAS..... | viii |
| ÍNDICE DE FIGURAS | ix |
| Resumen | 1 |
| Abstract..... | 2 |
| Chumasqa | 3 |
| INTRODUCCIÓN | 4 |
| CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN..... | 5 |
| 1.1. Situación problemática..... | 5 |
| 1.2. Formulación del problema..... | 6 |
| 1.2.1. Problema general | 6 |
| 1.2.2. Problema específico | 6 |
| 1.3. Justificación de la investigación | 6 |
| 1.4. Objetivos de la investigación | 7 |
| 1.4.1. Objetivo general..... | 7 |
| 1.4.2. Objetivo específico | 7 |
| 1.5. Formulación de la hipótesis | 8 |
| 1.5.1. Hipótesis general..... | 8 |
| 1.5.2. Hipótesis específica | 8 |
| CAPÍTULO II: ANTECEDENTES | 9 |
| 2.1. Antecedentes internacionales | 9 |
| 2.2. Antecedentes nacionales | 16 |
| 2.3. Antecedentes locales | 17 |
| CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO..... | 18 |
| 3.1. Bases teóricas..... | 18 |

| | |
|---|-----------|
| 3.1.1. Habas (<i>Vicia faba L.</i>) | 18 |
| 3.1.2. Grano de haba..... | 18 |
| 3.1.3. Aspectos generales de las habas..... | 19 |
| 3.1.4. Variedades de haba amarilla, peruanita y verde | 20 |
| 3.1.5. Composición química del haba | 21 |
| 3.1.6. Producción y comercio mundial..... | 21 |
| 3.2. Usos de la leguminosa haba (<i>Vicia faba L.</i>)..... | 22 |
| 3.2.1. Harinas de habas..... | 22 |
| 3.3. Propiedades estructurales | 22 |
| 3.3.1. Espectroscopia infrarrojo con transformada de fourier (FTIR) | 23 |
| 3.4. Propiedades tecnofuncionales..... | 23 |
| 3.4.1. Poder de hinchamiento, índice de solubilidad y capacidad de absorción de agua..... | 24 |
| 3.4.2. Capacidad de emulsificante..... | 24 |
| 3.5. Comportamiento térmico | 24 |
| 3.5.1. Técnica para evaluar las propiedades térmicas..... | 24 |
| 3.5.2. Calorimetría diferencial de barrido (DSC)..... | 24 |
| 3.6. Composición proximal | 27 |
| 3.7. Marco conceptual..... | 28 |
| CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN | 30 |
| 4.1. Lugar de ejecución | 30 |
| 4.2. Identificación de las variables..... | 30 |
| 4.2.1. Materiales..... | 31 |
| 4.2.2. Instrumentos y equipos | 32 |
| 4.2.3. Reactivos..... | 32 |
| 4.3. Población y muestra | 33 |
| 4.3.1. Población..... | 33 |
| 4.3.2. Muestra | 33 |

| | |
|---|----|
| 4.3.3. Muestreo | 33 |
| 4.3.4. Tipo de investigación..... | 33 |
| 4.4. Metodología experimental..... | 34 |
| 4.4.1. Descripción del proceso de obtención de la harina de haba (<i>Vicia faba L.</i>) | 34 |
| 4.5. Método de análisis | 36 |
| 4.5.1. Determinar las propiedades estructurales mediante (FT-IR) de la harina de haba..... | 36 |
| 4.5.2. Determinar las propiedades tecnofuncionales de las harinas de haba..... | 36 |
| 4.5.3. Determinar el comportamiento térmico de la harina de haba | 37 |
| 4.5.4. Calorimetría diferencial de barrido (DSC)..... | 38 |
| 4.5.5. Determinar la composición proximal en las harinas de (<i>Vicia faba L.</i>) | 39 |
| 4.5.6. Diseño experimental y análisis estadístico..... | 40 |
| CAPITULO V: RESULTADOS | 43 |
| 5.1. Determinación de las propiedades estructurales de la harina de haba (<i>Vicia faba L.</i>) | 43 |
| 5.1.1. Grupos funcionales | 43 |
| 5.2. Determinación de las propiedades tecnofuncionales..... | 44 |
| 5.2.1. Poder de hinchamiento de la harina de haba (PH)..... | 44 |
| 5.2.2. Índice de Solubilidad de la harina de haba (IS)..... | 45 |
| 5.2.3. Capacidad de absorción de agua de la harina de haba (CAA)..... | 46 |
| 5.2.4. Capacidad de emulsificante en las tres variedades de harina | 47 |
| 5.3. El comportamiento térmico con la técnica TGA y DSC de la harina de haba..... | 49 |
| 5.3.1. Temperatura de gelatinización, entalpia, transición vítrea y calor específico..... | 49 |
| 5.4. Análisis gravimétrico en las harinas de haba..... | 51 |
| 5.5. Determinación de la composición proximal de las harinas de haba (<i>Vicia faba L.</i>) | 52 |
| 5.5.1. Contenido de humedad..... | 52 |
| 5.5.2. Contenido de proteínas..... | 53 |
| 5.5.3. Contenido de grasa | 54 |
| 5.5.4. Contenido de ceniza en las harinas de haba..... | 55 |

| | |
|---|----|
| 5.5.5. Contenido de fibra..... | 56 |
| 5.5.6. Contenido de carbohidratos..... | 57 |
| CAPÍTULO VI: DISCUSIONES | 59 |
| 6.1. Las propiedades estructurales mediante la técnica (FT-IR) en las harinas de haba | 59 |
| 6.2. Poder de hinchamiento en las harinas de haba (PH) | 59 |
| 6.3. Índice de Solubilidad de la harina de haba (IS)..... | 60 |
| 6.4. Capacidad de absorción de agua de la harina de haba (CAA)..... | 61 |
| 6.5. Capacidad de emulsificante en las tres variedades de harina..... | 61 |
| 6.6. Temperatura de gelatinización, entalpia, transición vítrea y Calor específico..... | 62 |
| 6.7. Análisis termogravimétrico en las harinas de haba | 63 |
| 6.8. Composición proximal de las harinas de tres variedades de haba (<i>Vicia faba L.</i>)..... | 64 |
| 6.8.1. Contenido de humedad | 64 |
| 6.8.2. Contenido de proteínas | 64 |
| 6.8.3. Contenido de grasa | 65 |
| 6.8.4. Contenido de ceniza | 65 |
| 6.8.5. Contenido de fibra | 65 |
| 6.8.6. Contenido de carbohidratos | 66 |
| 6.9. Evaluación de las propiedades estudiadas en la investigación..... | 66 |
| 6.10. Diagrama de radar en las harinas | 69 |
| 6.10.1. Diagrama de radar para las propiedades tecnofuncionales | 69 |
| 6.10.2. Diagrama de radar para la composición proximal de las harinas..... | 70 |
| CAPÍTULO VII: CONCLUSIÓN..... | 72 |
| RECOMENDACIONES | 73 |
| REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA..... | 74 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | | |
|-----------------|--|----|
| Tabla 1 | Valor nutricional del haba en 100 g..... | 21 |
| Tabla 2 | Variables independientes y dependientes..... | 30 |
| Tabla 3 | Materiales..... | 31 |
| Tabla 4 | Instrumento y equipos..... | 32 |
| Tabla 5 | Reactivos..... | 32 |
| Tabla 6 | Matriz de diseño experimental..... | 40 |
| Tabla 7 | Poder de hinchamiento en harinas..... | 45 |
| Tabla 8 | Índice de solubilidad en las harinas de haba..... | 46 |
| Tabla 9 | Capacidad de absorción de agua de la harina de haba..... | 47 |
| Tabla 10 | Capacidad emulsificante en las harinas de haba..... | 47 |
| Tabla 11 | Temperatura de gelatinización, entalpia, transición vítrea y Calor específico..... | 50 |
| Tabla 12 | Contenido de humedad en las harinas de haba..... | 53 |
| Tabla 13 | Contenido de proteínas en harinas de haba..... | 54 |
| Tabla 14 | Contenido de grasa en las harinas de haba..... | 55 |
| Tabla 15 | Contenido de ceniza en harinas de haba..... | 56 |
| Tabla 16 | Contenido de fibra en harinas de haba..... | 57 |
| Tabla 17 | Contenido de carbohidratos en harinas de haba..... | 58 |
| Tabla 18 | Evaluación de las propiedades en estudio en las harinas de haba..... | 67 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | | |
|------------------|--|----|
| Figura 1 | Sección longitudinal de la semilla de <i>Vicia faba L</i> | 19 |
| Figura 2 | Imagen de las tres variedades de haba..... | 20 |
| Figura 3 | Espectro infrarrojo por transmitancia..... | 23 |
| Figura 4 | Termograma de transición vítrea (Tg)..... | 26 |
| Figura 5 | Análisis termogravimétrico (TGA) | 27 |
| Figura 6 | Diagrama de bloques cualitativo para la obtención de harina de haba..... | 35 |
| Figura 7 | Análisis FTIR sobre la harina de haba, variedades (amarilla, peruanita y verde)..... | 43 |
| Figura 8 | Gráfico de medias para capacidad emulsificante en las harinas de haba | 48 |
| Figura 9 | Termograma de calorimetría diferencial de barrido (DSC) en las harinas..... | 49 |
| Figura 10 | Termograma de las harinas de tres variedades de haba TGA/DTGA..... | 51 |
| Figura 11 | Diagrama de medias para el % de humedad en las harinas de haba..... | 53 |
| Figura 12 | Diagrama de medias para proteínas en las harinas de haba | 54 |
| Figura 13 | Diagrama de medias para la grasa en harina de haba | 55 |
| Figura 14 | Diagrama de medias para ceniza en harinas de haba | 56 |
| Figura 15 | Diagrama de medias para fibra en harinas de haba | 57 |
| Figura 16 | Diagrama de medias para carbohidratos en harinas de haba..... | 58 |
| Figura 17 | Diagrama de radar para las propiedades tecnofuncionales en la harina | 70 |
| Figura 18 | Diagrama de radar en composición proximal en harinas de haba | 71 |

ABREVIATURAS

| | |
|------------------------|--|
| AOAC | : Asociación de los Químicos Analíticos Oficiales. |
| DCA | : Diseño Completamente al Azar. |
| b.h | : Base húmeda. |
| CAA | : Capacidad de retención de agua. |
| Ec | : Ecuación. |
| g | : Gramos. |
| H₀ | : Hipótesis nula. |
| H_a | : Hipótesis alterna. |
| ml | : Mililitros. |
| mg | : Miligramo. |
| TGA | : Análisis termogravimétrico. |
| DSC | : Calorimetría diferencial de barrido. |
| FTIR | : Infrarrojos por transformada de Fourier. |
| -NH₂ | : Grupo amino. |
| (-COOH) | : Grupo carboxilo. |
| (-OH) | : Grupo hidroxilo. |
| µm | : Micrómetro. |
| µl | : Microlitro. |
| T_g | : Temperatura de transición vítrea |
| % | : Porcentaje. |
| h | : Horas. |
| IAA | : Índice de absorción de agua. |
| ISA | : Índice de solubilidad en agua. |
| PH | : Poder de hinchamiento. |
| T° | : Temperatura. |
| rpm | : Revolución por minuto. |
| CE | : Capacidad emulsionante. |
| Kg | : Kilogramo |
| HSD | : Diferencia honestamente significativa |

Resumen

La industria alimentaria se ha interesado cada vez más en el uso de las semillas de haba para la formulación de nuevos productos debido a su contenido nutricional, accesibilidad, bajos costos e impactos beneficiosos para la salud. Por lo cual, el objetivo de la investigación fue evaluar las propiedades estructurales, tecnofuncionales, comportamiento térmico y composición proximal de las harinas de tres variedades de haba (*Vicia faba L.*), para determinar las propiedades estructurales se utilizó el método de Espectroscopia de infrarrojo con transformada de Fourier (FTIR), las propiedades tecnofuncionales determinadas fueron: poder de hinchamiento (PH), índice de solubilidad (IS), capacidad de absorción de agua (CAA), capacidad emulsificante (CE), se determinó el comportamiento térmico mediante calorimetría diferencial de barrido (DSC) y termogravimetría (TGA) y por último la composición proximal se determinó de acuerdo a los métodos estandarizados de la AOAC. Los resultados del FTIR mostró la identificación de grupos funcionales de hidroxilo, triglicéridos y amidas (I, II), que indican la presencia de agua, carbohidratos, lípidos y de grupos proteicos respectivamente. Asimismo, las propiedades tecnofuncionales mostró resultados en el PH de 4.74 - 12.16 g/g; IS de 29.81-40.91 %; CAA 3.29-7.18 g/g y CE 46.04% a 48.15%. El comportamiento térmico mediante (DSC) nos muestra temperaturas de pico más alta de (69.11°C), con una entalpía de 0.68 J/g. La pérdida de peso por descomposición presentó la variedad verde con mayor descomposición de sus componentes con un 70.68% y un residuo de 19.79% a una temperatura de 555.73 °C se descomponen a altas temperaturas, lo que resulta en la pérdida de masa. Mientras en las otras variedades en estudio demostró mayor resistencia a altas temperaturas, finalmente, la composición proximal de la variedad peruanita presentó mejor contenido de proteínas frente a las otras variedades en estudio. En conclusión, la variedad peruanita presentó las mejores propiedades tecnofuncionales, calorimetría diferencial de barrido y composición proximal, lo que podría contribuir de manera significativa a la industria.

Palabras clave: harina de haba, propiedades estructurales, tecnofuncionales, comportamiento térmico y composición proximal.

Abstract

The food industry has become increasingly interested in the use of broad bean seeds for the formulation of new products due to their nutritional content, accessibility, low costs and beneficial health impacts. Therefore, the objective of the research was to evaluate the structural, techno-functional properties, thermal behavior and proximate composition of flours from three varieties of broad bean (*Vicia faba L.*). To determine the structural properties, the Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) method was used. The techno-functional properties determined were: swelling power (PH), solubility index (SI), water absorption capacity (CAA), emulsifying capacity (CE). The thermal behavior was determined by differential scanning calorimetry (DSC) and thermogravimetry (TGA) and finally the proximate composition was determined according to the standardized methods of the AOAC. The FTIR results showed the identification of functional groups of hydroxyl, triglycerides and amides (I, II), which indicate the presence of water, carbohydrates, lipids and protein groups respectively. Likewise, the technofunctional properties showed results in the pH of 4.74 - 12.16 g / g; IS of 29.81-40.91 %; CAA 3.29-7.18 g / g and CE 46.04% to 48.15%. The thermal behavior by (DSC) shows us higher peak temperatures of (69.11 ° C), with an enthalpy of 0.68 J / g. The weight loss due to decomposition presented the green variety with the highest decomposition of its components with 70.68% and a residue of 19.79% at a temperature of 555.73 ° C decompose at high temperatures, resulting in mass loss. While the other varieties under study showed greater resistance to high temperatures, finally, the proximate composition of the Peruvian variety presented a better protein content compared to the other varieties under study. In conclusion, the Peruvian variety presented the best technofunctional properties, differential scanning calorimetry and proximate composition, which could contribute significantly to the industry.

Keywords: broad bean flour, structural properties, technofunctional properties, thermal behavior and proximate composition.

Chumasqa

Mikhuy Industria nisqa aswanta interesakunku habas muhukunamanta musuq rurukuna ruwanapaq, chaymi kanku winay nutricional nisqamanta, yaykuy atiy, pisi qullqiyuq hinaspa allin impactos saludniyuq kasqanrayku. Chayraykum, chay investigacionpa objetivonqa karqa chaninchanapaq propiedades estructurales, tecnofuncionales, comportamiento térmico, composición proximal hisqankuna nisqa kimsa variedades de habas muhukunata (*Vicia faba L.*) nisqapa harinankunapa, chaynapi propiedades estructurales nisqakunata yachanapaq chay método de espectroscopía infrarroja nisqawan chaymanta termogravimetría (TGA) nisqawan chaymanta tukukuypiqqa composición proximal nisqa AOAC métodos estandarizados nisqaman hina determinasqa karqa. Chay FTIR ruwasqakunam qawarichirqa hidroxilo, triglicéridos hinaspa amidas (I, II) nisqapa grupos funcionales nisqakuna riqsichikuyninta, chaykunam qawarichin yaku, carbohidratos, lípidos hinaspa grupos proteicos nisqakuna kasqanmanta. Chaynallataqmi, chay propiedades tecnofuncionales nisqapas qawarichirqa PH nisqapi 4,74 - 12,16 g/g nisqapi; SI 29,81-40,91% nisqamanta; CAA 3,29-7,18 g/g chaymanta EC 46,04% manta 48,15% kama. Chay comportamiento térmico nisqa (DSC) nisqawanmi qawarichiwanchik aswan hatun pico temperaturas nisqa (69,11 °C), entalpía 0,68 J/g nisqawan. Chay llasaynin pisiyayninqa descomposición nisqawanmi presentarqa verde variedad nisqa aswan hatun descomposición nisqawan componentes nisqawan 70,68% nisqawan chaymanta residuo nisqawan 19,79% nisqawan 555,73 °C temperatura nisqapi descomponen alto temperaturas nisqapi, chaymi masa chinkachiypi tukun. Mientras wakin variedades kay estudio kaqpi rikuchirqanku aswan resistenciata alto temperatura kaqman, tukukuypiqqa, kay composición proximal kay variedad peruana kaqmanta aswan allin contenido proteico kaqta rikuchirqa kay estudio kaqpi wak variedades kaqwan kikinchasqa. Tukuchinapaqqa, chay variedad peruana nisqa aswan allin propiedades tecnofuncionales nisqakunatam qawarichirqa, calorimetría de escaneo diferencial nisqatapas chaynallataq composición proximal nisqatapas, chaymi anchata yanapanman industriaman.

Sapaq simikuna: habas harina, propiedades estructurales y tecnofuncionales, comportamiento térmico hinaspa composición proximal.

INTRODUCCIÓN

La producción de haba (*Vicia faba* L.) ocupa el séptimo lugar en importancia entre las legumbres a nivel mundial debido a su alto valor nutricional, que incluye proteínas, carbohidratos, grasa, ceniza y fibra. Es un alimento tradicional y altamente nutritivo que se consume tanto en forma de vainas verdes como de grano seco, ubicándose en el cuarto lugar entre las leguminosas, después del maíz, trigo y avena. A pesar de estas cualidades y ventajas, el cultivo de haba en Perú no ha recibido la atención que merece, manteniendo una producción casi estacionaria con una tendencia a disminuir, mientras que la población crece a un ritmo del 2,9 % anual.

En la región de Apurímac, se cultivan diversas variedades de haba como verde, amarilla, peruanita y blanca, que son parte esencial de la dieta local, caracterizado por su valor económico en grano seco (harina). La presente investigación tiene seis capítulos. En el primero, se aborda la introducción de la materia prima y el consumo asociado a este cultivo, seguido del planteamiento del problema, la justificación, los objetivos que busca proporcionar una base científica para el uso de estas harinas en diferentes aplicaciones alimentarias y promover el valor agregado de los cultivos regionales. En el Capítulo II se considera los antecedentes que ayudan a entender el contexto y la importancia de las harinas de haba en la alimentación y la industria. En el Capítulo III, se discuten las teorías y los conceptos clave que fundamentan el estudio. El Capítulo IV describe el lugar de ejecución, las variables involucradas, los materiales y métodos utilizados, incluyendo detalles sobre la metodología experimental y los métodos de análisis empleados. Además, en el Capítulo V, se detalla los resultados de las propiedades estructurales mediante espectroscopia infrarrojo por transformada de Fourier (FT-IR), propiedades tecnofuncionales, comportamiento térmico por termogravimétricas (TGA) y calorimetría diferencial de barrido (DSC), y la composición proximal que abarca humedad, carbohidratos, fibra, proteínas, grasa y cenizas. En el Capítulo VI presenta las discusiones por objetivo. Finalmente, en el Capítulo VII se presenta las conclusiones y recomendaciones para investigaciones futuras, junto con las referencias bibliográficas y los anexos del trabajo realizado.

CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Situación problemática

De acuerdo con el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI) en el año 2022, la producción de haba alcanzó 12,074.68 toneladas. Sin embargo, esta cifra experimentó una notable disminución en el año 2023, descendiendo a 6,388.50 toneladas. Esta reducción se atribuye principalmente a la escasa valoración comercial de haba como materia prima. La situación ha conllevado a los productores a buscar métodos para prolongar la vida útil de forma seca.

El cultivo de haba (*Vicia faba* L.), se desarrolla principalmente en las zonas altoandinas de Perú, en altitudes entre 2500 y 3800 msnm, donde el clima frío confiere al haba características únicas en sabor, color y valor nutricional. Sin embargo, el cultivo ha enfrentado desafíos significativos debido a un aumento en ataque de plagas y enfermedades, exacerbados por la falta de variedades mejoradas genéticamente resistentes a estas amenazas.

La harina de haba presenta beneficios nutricionales reconocidos como las proteínas, fibra, carbohidratos, grasa, es una excelente opción para una dieta equilibrada. Sin embargo, a pesar de su relevancia, no se han realizado estudios de las propiedades estructurales, tecnofuncionales y composición proximal, sumado al desconocimiento por parte de los consumidores sobre sus beneficios para la salud.

Además, la harina de haba comparte en el mercado con harinas derivadas de otros cereales y leguminosas como el trigo, cebada, avena, maíz, garbanzo, lenteja, frijoles y arvejas. A pesar de la disponibilidad de estas harinas alternativas, el uso de la harina de haba sigue siendo marginal porque no existe una demanda en los mercados, debido a la escasa conciencia sobre sus beneficios nutricionales y potenciales aplicaciones industriales.

Dada esta problemática, este estudio tiene como objetivo evaluar las propiedades estructurales, tecnofuncionales, comportamiento térmico y composición proximal de la harina de haba, con el fin de mejorar el conocimiento sobre sus atributos y fomentar su uso en la industria alimentaria. Esto podría no solo incrementar la demanda y el valor comercial de las harinas de leguminosas, sino también proporcionar a la población de Apurímac y regiones aledañas una fuente importante de proteínas.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cómo son las propiedades estructurales, tecnofuncionales, comportamiento térmico y composición proximal de harinas de tres variedades de haba (*Vicia faba* L.) producidas en la región de Apurímac?

1.2.2. Problema específico

- ✓ ¿Cómo son las propiedades estructurales de harinas de tres variedades de haba (*Vicia faba* L.) producidas en la región Apurímac?
- ✓ ¿Cómo son las propiedades tecnofuncionales de harinas de tres variedades de haba (*Vicia faba* L.) producidas en la región Apurímac?
- ✓ ¿Cómo es el comportamiento térmico de harinas de tres variedades de haba (*Vicia faba* L.) producidas en la región de Apurímac?
- ✓ ¿Cómo es la composición proximal de harinas de tres variedades de haba (*Vicia faba* L.) producidas en región Apurímac?

1.3. Justificación de la investigación

En Perú, la producción y venta de haba (*Vicia faba* L.) es de gran relevancia ocupando el cuarto lugar, justo después del maíz, trigo y avena. Esta disponibilidad de materia prima abundante justifica la realización de este proyecto, ya que permite explorar nuevas alternativas de consumo y aplicaciones que podrían generar mayores beneficios económicos para los productores. Además, la producción de haba se cultiva en casi todas las regiones del país, destacando por su alto contenido de proteínas (23%), carbohidratos, comparativamente superior a otras leguminosas (Horque, 2004), a pesar de su valor nutricional, la literatura es escasa en estudios sobre la harina de haba, un componente crítico que puede ofrecer ventajas significativas en la industria alimentaria. Por ello surge la necesidad de estudiar sus propiedades estructurales, tecnofuncionales, comportamiento térmico y composición proximal con la finalidad de conocer los grupos funcionales, el poder de hinchamiento, índice de solubilidad, capacidad de absorción de agua, capacidad emulsificante, temperatura de gelatinización, transición vítrea, calor específico y la degradación térmica, con lo cual se podrá evaluar las mejores características que presenta cada variedad de harina de haba, para ser utilizadas en la industria alimentaria en la formulación de productos como galletas, mezclas

alimenticias, sopas y productos de panificación, aprovechando su potencial como nueva fuente de proteína (Leyva, 2015).

El enfoque de esta investigación no solo es relevante por su contribución a la ciencia y la industria alimentaria, sino también por su capacidad para apoyar un modelo sostenible de producción y comercialización que fortalezca las economías locales y regionales. Al proporcionar información valiosa sobre las propiedades en estudio de la harina de haba, se busca establecer las bases para una cadena de valor agregado que beneficie a todos los involucrados en la producción, comercialización y transformación.

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. *Objetivo general*

Evaluar las propiedades estructurales, tecnofuncionales, comportamiento térmico y composición proximal de las harinas de tres variedades de haba (*Vicia faba L.*) producidas en la región de Apurímac.

1.4.2. *Objetivo específico*

- ✓ Determinar las propiedades estructurales mediante la técnica espectroscopia infrarrojo por transformada de Fourier (FT-IR) de las harinas de tres variedades de haba (*Vicia faba L.*) producidas en la región Apurímac.
- ✓ Determinar las propiedades tecnofuncionales de las harinas de tres variedades de haba (*Vicia faba L.*) producidas en la región Apurímac.
- ✓ Determinar el comportamiento térmico con la técnica de termogravimétrica (TGA) y colorimetría diferencial de barrido (DSC) de las harinas de tres variedades de haba (*Vicia faba L.*) producidas en la región Apurímac.
- ✓ Determinar la composición proximal (humedad, carbohidratos, proteínas, cenizas, fibra y grasa) de las harinas de tres variedades de haba (*Vicia faba L.*) producidas en la región de Apurímac.

1.5. Formulación de la hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

Las tres variedades de harina de haba (*Vicia faba* L.) producidas en la región Apurímac presentan diferencia significativa en cuanto a sus propiedades estructurales, tecnofuncionales, comportamiento térmico y composición proximal.

1.5.2. Hipótesis específica

- ✓ Las tres variedades de harina de haba (*Vicia faba* L.) presentan mínimas diferencias en las propiedades estructurales en cuanto a los grupos funcionales.
- ✓ Las tres variedades de haba (*Vicia faba* L.) muestran variación en el poder de hinchamiento, índice solubilidad, capacidad de absorción de agua y capacidad emulsionante mostrando las diferencias significativas en sus propiedades tecnofuncionales.
- ✓ Las tres variedades de la harina de haba (*Vicia faba* L.) muestran diferencias significativas en el comportamiento térmico con la temperatura de gelatinización, entalpia de gelatinización, transición vítrea, calor específico y la degradación de térmica.
- ✓ Existen diferencias significativas en la composición proximal de las harinas de tres variedades de haba (*Vicia faba* L.).

CAPÍTULO II: ANTECEDENTES

2.1. Antecedentes internacionales

Ozan et al. (2022), en su investigación “características de la calidad funcional y las interacciones con el agua en las harinas de frijol blanco, garbanzo, guisante y lenteja. El objetivo principal del estudio fue identificar los grupos funcionales presentes en estas harinas. Los resultados indicaron que la banda en 1600 cm^{-1} está relacionada con la Amida I y la banda en 1500 cm^{-1} con la Amida II. En conjunto, estos picos espectroscópicos proporcionan información sobre la presencia de polisacáridos, grasas.

Medhe et al. (2022), determinaron “el efecto de la cocción hidrotérmica y el tratamiento de germinación sobre las propiedades funcionales y fisicoquímicas de las harinas de frijol”. El objetivo principal fue analizar el impacto de la germinación y la cocción hidrotérmica en el perfil nutricional las propiedades fisicoquímicas, funcionales y microestructurales de las semillas de frijol. Los resultados mostraron $3100\text{-}3700\text{ cm}^{-1}$ que corresponde a las vibraciones de estiramiento de OH (hidroxilo), mientras la banda de absorción más alta fue 2854 cm^{-1} está asociada al estiramiento de CH de triglicéridos (compuestos lipídicos). Además, las bandas de $1750\text{-}1550\text{ cm}^{-1}$ amida I y amida II de las proteínas, por otro lado, la región de frecuencia más baja de $1200\text{-}900\text{ cm}^{-1}$ que corresponde a la presencia de carbohidrato. Concluyeron mencionando que la harina de frijol es muy buena para la formulación de productos donde mencionan que es una fuente potencial de proteína vegetal.

Atudorei et al. (2021), determinaron el efecto de la germinación sobre las propiedades microestructurales y fisicoquímicas de diferentes tipos de leguminosas del frijol, lenteja, soja, garbanzo y lupino. Los espectros de infrarrojo por transformada de Fourier (FT-IR) muestra que la composición de las semillas germinadas fue de diferentes tipos de leguminosas. Los resultados que fueron para los rangos espectrales de $1200\text{-}800\text{ cm}^{-1}$, hubo picos con altos valores de absorbancia en el caso de los garbanzos germinados durante 4 días, donde se observa claramente la longitud de onda entre $3000\text{-}2850\text{ cm}^{-1}$, correspondiente a los compuestos lipídicos, el valor más alto de la absorbancia se registró para el garbanzo no germinado, y el valor disminuyó con un período de germinación más largo. Este estudio indica datos similares, en los picos del rango espectral $3050\text{-}2800\text{ cm}^{-1}$ se deben a los grupos CH_3 y CH_2 que están en la composición de hidrocarburos de los lipídicos. La longitud de onda alrededor de 3000 cm^{-1} corresponde a la vibración de los grupos $=\text{CH}$ de la composición de ácidos grasos, donde

concluyeron mencionado que la cantidad de lípidos disminuyó con el aumento del tiempo de germinación en el caso de las semillas de garbanzo.

Albarracín (2020), estudio la composición y propiedades tecnofuncionales de harina de garbanzo integral y descascarado, el objetivo principal fue evaluar el impacto del descascarado en la composición y las propiedades tecnofuncionales de las harinas de garbanzo obtenida mediante la molienda seca utilizando un molino de martillo. Los resultados para el poder de hinchamiento fueron a temperatura ambiente de 4.58 g/g de garbanzo integral y a una temperatura de 95 °C fue de 11.20 g/g con garbanzo descascarado, índice de solubilidad mostró 33.17 % a temperatura de ambiente y a 95 °C de 41.03 %, por último, la capacidad de absorción de agua mostró 2.37 (g/g) con garbanzo integral y garbanzo descascarado de 1.96 g/g para el garbanzo descascarado. Estos datos resultan de gran valor para establecer el potencial de uso de los garbanzos con o sin cáscara como ingrediente en la elaboración de alimentos.

Ratnawati et al. (2019), estudiaron “las propiedades fisicoquímicos, funcionales y pegantes en la soja, frijol mungo y harina de frijol rojo como ingrediente en galletas”. El objetivo fue evaluar las propiedades fisicoquímicas, funcionales y pastosas de la harina de soja, frijol mungo y frijol rojo. La metodología utilizada fue en colocar 0.2 gr de muestra en un tubo de centrifuga previamente pesado con 10 ml de agua destilada y se mezcló con un vortex, la muestra luego repuso a temperatura ambiente 20 a 25 °C durante 5 minutos para seguir con el procedimiento, luego se sometió a un baño de agua a 95 °C durante 10 minutos, seguido de una centrifugación a 3000 rpm durante 15 minutos para separar el gel de la solución sobrenadante. El gel después se separarlo del sobrenadante luego se expresó como poder de hinchamiento. Mientras el sobrenadante se coloca en una placa luego pesar y secar en un horno. Los resultados que obtuvieron oscilaron entre 4.82 y 10.52 g/g de este estudio indican que el mayor poder de hinchamiento fue en la harina de frijol mungo (10.52 g/g) donde existe diferencias significativas ($p < 0,05$), mientras que el poder de hinchamiento más bajo en la harina de soja (4.82 g/g). En cuanto a la solubilidad mostró en un rango de 18.80 a 34.49 %, siendo el valor de solubilidad más alto la harina de soja (34.49 %) y el valor de solubilidad más bajo en la harina de frijol mungo (18.80 %), para la CAA en la harina de soja, frijol mungo y frijol rojo es 4.07, 3.18 y 4.39 g/g, respectivamente. Concluye mencionando que los resultados de la harina de frijol mungo tuvo los valores más altos de poder de hinchamiento, mientras en solubilidad más bajo fue en frijol mungo seguido por frijol roja y alto fue en soya con 34.4 %, por otro lado la capacidad de absorción de agua reporto con más alto en frijol rojo , mencionar

de los tres tipos de legumbres que se analizaron de este estudio, la harina de frijol mungo puede ser la mejor opción para reemplazar la harina de trigo como ingrediente de la galleta porque tiene un alto poder de hinchamiento es una alternativa para la empresas alimenticias.

Du et al. (2014), determinaron las propiedades fisicoquímicas, funcionales de la harina integral de leguminosas, determinando la comparación de las propiedades fisicoquímicas, funcionales y pastosas de harinas integrales derivadas de diez variedades de leguminosas, donde la preparación de muestra de harina fue (2,5 g) en 30 ml de agua destilada, luego se introduce a baño maría con agua a una temperatura de 70°C durante 30 min. Después, se enfrió hasta alcanzar temperatura ambiente, se transfirió a tubos de falcón previamente pesado y se realizó una centrifugación a 3000 rpm durante 20 minutos. Los resultados reportados para la capacidad de absorción de agua, de la siguiente manera para frijol pinto (1.87g/g), haba (1.17g/g), frijol rojo pequeño (1.67g/g), frijol rojo (1.61g/g), frijol negro (1.39g/g), frijol de ojo negro (1.12g/g), frijol mungo (1.22g/g), lenteja (1.33g/g) y garbanzo (1.19g/g), en el caso del índice de solubilidad reportaron resultados de la siguiente manera para las diferentes leguminosas como frijol pinto (19.44%), haba (29.14%), frijol rojo pequeño (22.15%), frijol rojo (21.69%), frijol negro (20.97%), frijol de ojo negro (25.04%), frijol mungo (20.76%), lenteja (26.15%) y garbanzo (24.08 %) a temperatura de 50 °C, mientras la actividad emulsificante mostro para el frijol pinto 88.94 %, haba 63.77 %, frijol rojo pequeño 92.20 %, frijol rojo 82.46%, frijol negro 67.82 %, frijol de ojo negro 66.94 %, frijol mungo 67.02 %, lenteja 64.14 % y garbanzo de 65.75 %. Estos resultados mostrados son de mucha ayuda para discutir con otros estudios. Concluyeron mencionando que las propiedades funcionales de los diferentes tipos de harina se pueden asociar con las proporciones de proteína, almidón y otros constituyentes en la harina.

Aguilera et al. (2011), en su trabajo de investigación estudiaron los compuestos fenólicos bioactivos y propiedades funcionales de harinas de frijol deshidratadas, el objetivo fue evaluar el impacto del proceso de deshidratación sobre el perfil fenólico, la actividad antioxidante y sus propiedades funcionales de dos variedades de frijol con el fin de conocer el potencial uso en harina como ingrediente funcional para el desarrollo de nuevos alimentos leguminosos. En relación con la capacidad de absorción de agua alcanzaron valores similares después de la deshidratación para el frijol pinta con 2.80 ml/g, con referencia a la actividad emulsionante (AE) mostraron un comportamiento diferente cuando se procesaron las leguminosas; donde se reduce la AE como resultado del tratamiento térmico, las harinas de

frijol crudas mostraron la mayor estabilidad, produciendo dispersiones más viscosas que las harinas procesadas. Esto depende directamente sobre el tipo de proteínas y fibras. Concluyó mencionando con respecto a las propiedades funcionales, las harinas de frijol crudas son ingredientes para productos fritos porque proporcionan una sensación no grasosa.

Henshaw et al. (2003), en su investigación estudiaron “las propiedades térmicas de la harina de caupí mediante calorimetría diferencial de barrido (DSC)”. Se prepararon muestras de harina hasta obtener una pasta con un contenido de humedad del 60 % y se sellaron en recipientes DSC estándar con un rango de 5 °C por minuto a una temperatura de 40 a 130 °C. Las muestras mostraron proceso endotermas, que el valor de entalpia varió entre 1,38 J/g y 4,7 J/g, también menciona que los valores de entalpia asociados con la gelatinización entre tres almidones de leguminosas oscilo de 2.6 a 4, 4 cal/g, los valores obtenidos para la harina de caupí pueden deberse en ciertas medidas de modificación del almidón y desnaturalización de proteínas, que ocurrió durante el procesamiento de semillas para convertirse en harina. También mencionaron que la temperatura de inicio oscilo entre 75 y 78 °C y la mayoría de las variedades tienen valores cercanos a 76°C, la temperatura de máxima de transición oscilo entre 78 y 82 °, con la mayoría de las variedades tienen valores entre 78 y 82 °C. concluyeron mencionando que el análisis térmico de la harina de caupí mediante DSC mostró que la entalpía de transición DH fue la propiedad térmica más discriminatoria. La entalpía de transición podría predecirse razonablemente basándose en las proporciones relativas de los componentes químicos de la harina; es una variable compuesta y podría convertirse en un índice de funcionalidad de la harina de caupí.

Mengozi et al. (2024), evaluaron los “ingredientes de la harina de garbanzo y haba para la gelificación inducida por calor”, el objetivo fue investigar el comportamiento gelificante de la harina de haba y garbanzo, tanto en los ingredientes de haba como de garbanzo las propiedades funcionales, incluyendo propiedades emulsionantes, espumantes y gelificantes para lo cual determinaron las propiedades térmicas en la harina de haba y garbanzo con la técnica calorimetría diferencial barrido donde desarrollaron una comprensión del comportamiento de gelificación de las harinas. Los resultados obtenidos en su investigación para la harina de haba mostro de la siguiente manera T_i y T_f de 59.56 y 80.74 °C respectivamente, T_p de 74.12 °C, mientras para la harina de garbanzo T_i y T_f de .60.22 y 83.99 °C respectivamente, T_p de 77.32 °C. donde ocurre un proceso endotérmico puede asociarse con la desnaturalización de la fracción de leguminosas. También mencionaron la entalpia para

harina de haba de 0.91 a 0.78 J/g donde se observó valores más altos en la harina de garbanzo de 1.52 y 0.96 J/g, respectivamente, esto indica una cantidad significativamente ($p < 0,05$) mayores proteínas desplegadas para la harina de garbanzo en comparación de la harina de haba. Concluyeron mencionando que el análisis térmico en las harinas estudiadas que la mostraron la desnaturalización de las proteínas, que se puede atribuir a diferentes composiciones de macronutrientes junto con características de los gránulos de almidón y diferentes fracciones de proteínas.

Montoya et al. (2012), determinaron la caracterización física de harina de trigo y pan mediante determinación de calorimetría diferencial de barrido y análisis termogravimétrico, el objetivo de este estudio fue evaluar varios componentes químicos en harina de trigo comercial y pan elaborado utilizando técnicas como calorimetría diferencial de barrido (DSC) y análisis termogravimétrico (TGA), Los resultados identificaron cuatro zonas de descomposición: la Zona I (12.42% de pérdida de masa entre 100 y 200 °C), la Zona II (63.49% de pérdida entre 200 y 400 °C, donde se descomponen carbohidratos, péptidos y almidón), la Zona III (descomposición de polisacáridos de alto peso molecular, proteínas y lípidos entre 400 y 600 °C), y la Zona IV (residuo final del 21.03%). Se concluyó que estas técnicas de análisis termogravimétrico y la calorimetría diferencial de barrido son esenciales para determinar la estructura macromolecular de las harinas, especialmente en lo referente a proteínas del gluten y enlaces de almidón, proporcionando una comprensión fundamental de la estructura de la masa.

Quintero et al. (2012), en su investigación estudiaron “las propiedades térmicas y composicionales de la harina y almidón de chachafruto”, el objetivo fue estudiar las propiedades físico-químicas, funcionales y estructurales del almidón y la harina extraídos del Chachafruto, con el fin de evaluar sus aplicaciones potenciales en la alimentación. Los resultados mostraron que la harina de chachafruto tiene una temperatura inicial de gelatinización de 61.95 °C, alcanzando su máxima absorción de calor a 70.7 °C, con una temperatura final de gelatinización de 79.1°C y una entalpía de 0.814 J/g. El análisis termogravimétrico identificó tres zonas de pérdida de masa: la Zona I (7.84% a 119.79 °C, principalmente por el contenido de agua), la Zona II (50.88 % a 273.17 °C, con descomposición de carbohidratos, péptidos y proteínas) y la Zona III (32.1% a 466.8°C, con descomposición de polisacáridos, proteínas, lípidos y otros compuestos). Por encima de 466.8°C, la masa se mantuvo constante, dejando un residuo del 8.39% (cenizas). En resumen, las temperaturas

clave del proceso de gelatinización para la harina de Chachafruto fueron: inicio (T_o) = 62.06°C, pico (T_p) = 70.98°C, final (T_f) = 78.62°C, con una entalpía de 0.8144 J/g.

Morales y Kokini (1997), investigaron la “Transición vítrea de globulinas de soja mediante escaneo diferencial Calorimetría y espectrometría mecánica” particularmente digno de mención es que el efecto plastificante del agua se potencia en las proteínas de soja porque son mucho más hidrófilas en comparación con otras proteínas de cereales, que juegan un papel importante en la determinación de sus propiedades calorimétricas y reológicas. Los resultados obtenidos para la temperatura de transición vítrea (T_g) mostraron valores de T_g de 114 a -67 °C dentro de un rango de contenido de humedad de 0 a 35%, mientras que la fracción 11S mostró valores de T_g de 160 a -17 °C dentro de un rango de contenido de humedad del 0 al 40%. Es importante señalar que también los resultados de la espectrometría mecánica se superponen a los de DSC en el rango de superposición de humedad.

Pineda et al. (2011), en su investigación determinaron “las propiedades térmicas de harina de maíz producido por tratamiento térmico- alcalino” como objetivo tuvo caracterizar los aspectos de comportamiento del almidón y las harinas obtenidas de maíz trillado por medio de un tratamiento térmico y alcalino. Donde emplearon la técnica calorimetría diferencial de barrido (DSC) y el análisis termogravimetría (TGA), para analizar la muestra de harina de maíz donde el proceso de gelatinización es mejor dirigido por el organismo, además lograron evidenciar el cambio en los parámetros de este fenómeno cuando existe la cocción alcalina. Donde mostraron los resultados en la temperatura de gelatinización que fue de 70.95°C, entalpía de gelatinización de 1.429 J/g, capacidad calorífica fue de 8.516×10^{-4} J/g °C. se puede observar que la muestra presenta dos etapas de pérdida de peso en la fase I corresponde a la pérdida de humedad que fue de 13.27 % y la fase II que corresponde a la descomposición de carbohidratos con una pérdida de peso de 68.61 % a una T de 178.70 y 387.45 °C. finalmente el residuo de 1.88 % a una T de 800 °C como un peso constante.

Salcedo et al. (2018), en su trabajo titulado “Caracterización fisicoquímica de la quinua (*Chenopodium quinua Willd*), amaranto (*Amaranthus caudatus L.*) y chíá (*Salvia hispanica L.*) harinas y semillas” tuvo como objetivo caracterizar las propiedades fisicoquímicas de las harinas y semillas de quinua, amaranto y chíá mediante la realización de un análisis proximal, óptico, funcional, térmico y estructural. Los parámetros térmicos, indicaron que las tres harinas presentaron un proceso de degradación térmica no reversible y un cambio de transición vítrea para la harina de amaranto y chíá a temperaturas superiores a 100°C. Transición (T_g), indicaron

que las harinas tienen una amplia gama de estabilidad térmica y es consistente con el bajo contenido de humedad reportando como resultado para T_g en la harina de amaranto 117.9 a 120.4 y para la harina de chíca 118,5 a 121,3 °C. Concluyeron mencionando que la técnica calorimetría diferencial de barrido es un amplio rango de estabilidad térmica con pérdida de estructura y cristalinidad a temperaturas superiores a 100 °C para las harinas evaluadas.

Romero et al. (2015), estudiaron la estabilidad térmica y las capacidades caloríficas: quinua, kiwicha y cañihua, donde determinaron el calor específico y los parámetros termofísicos de la descomposición completa y la gelatinización en la quinua, kiwicha y cañihua. Para la determinación del calor específico se usaron cápsulas de aluminio y tomando de referencia el C_p del zafiro, observándose picos en el termograma, entre 50 y 60°C y calores específicos aproximados a 1,8 J/g °C, siendo la quinua ligeramente más pronunciada. Finalmente, la quinua, kiwicha y cañigua son denominadas “pseudo-cereales”, porque a diferencia de los cereales, sus contenidos de gluten y grasa, entre otros, son mucho menores; lo cual les confiere una notable ventaja.

García et al. (2019), determinó el “Efecto de diferentes tratamientos térmicos sobre las propiedades tecnofuncionales de la harina de frijol blanco (*Phaseolus lunatus* L.) y la determinación de su potencial uso agroalimentario”, su objetivo fue Caracterizar las propiedades funcionales de la harina de frijol blanco (*Phaseolus lunatus* L.) sometida a diferentes tratamientos, con el fin de evaluar el efecto de los tratamientos sobre las propiedades tecnofuncionales de la harina, el estudio analizó las propiedades tecnológicas y funcionales de harinas obtenidas de frijol blanco, que fueron sometidas a diferentes tratamientos antes de secarse a 60 °C. Se evaluaron tres métodos: remojo durante 12 horas, cocción a 97 °C por un período mínimo y escaldado a 72 °C durante 5 min. Los resultados indicaron por la CAA fue significativamente mayor en las harinas tratadas con cocción (3.3 g/g) en comparación al escaldado (2.3 g/g) y remojo (2.4 g/g). Respecto a la CE el tratamiento de remojo mostró el mayor valor (43.8 %), seguido por el escaldado (21.0 %) y la cocción (6.5 %), debido a diferencias en la desnaturalización de las proteínas. Concluyeron que estas harinas tienen potencial para ser utilizadas en diversas aplicaciones alimentarias: las tratadas con cocción pueden emplearse en bebidas instantáneas, galletas y productos fritos; las remojadas son adecuadas para salsas y embutidos y las sometidas a escaldado son ideales para productos de repostería.

Badia et al. (2023), estudiaron las “Propiedades tecnofuncionales y reológicas de las harinas alternativas de origen vegetal”, realizaron la comparación de las propiedades tecnofuncionales de siete harinas vegetales (garbanzo, lenteja, lenteja roja, frijol blanco, quinua, amaranto y avena) y las propiedades reológicas de sus pastas y geles de harina. Donde las propiedades tecnofuncionales variaron significativamente ($\alpha= 0,05$) entre las harinas estudiadas, la mayor capacidad de hinchamiento fue de frijol blanco y la menor de garbanzo y lenteja roja. La capacidad de retención de agua fue alta para las harinas de frijoles blancos, avena y baja las lentejas rojas. Las harinas de avena y quinua mostraron mayor capacidad de retención de aceite, capacidades emulsionantes y espumantes fueron altas en todas las harinas de legumbres, pero pobres para las harinas de amaranto y avena.

2.2. Antecedentes nacionales

Huaman (2019), en su investigación, tuvo como objetivo analizar las características fisicoquímicas de proteínas, cenizas, humedad, grasa, fibra y carbohidratos en harinas de haba de las variedades Sincos y Amarilla molinera. Los resultados mostraron que la variedad Sincos tenía un contenido de proteínas a 24.50 % comparado con el 24.00 % la harina amarilla molinera, mientras que la humedad fue de 11.16 % y 10.23 % respectivamente. En grasa, la variedad Sincos registró un 2.0 % y la Amarilla molinera de 1.8 % en fibra, Sincos tuvo un 4.16 % frente al 4.40 % de la Amarilla molinera. Los carbohidratos fueron de 54.71% para Sincos y para la amarilla molinera de 55.22 %, Ambas muestras un 8 % por encima de la malla n° 200. La capacidad de absorción de agua (CAA) fue de 0.94 g/g para Sincos y 0.87 g/g para la amarilla molinera, mientras que el poder de hinchamiento fue de 45 % y 62 %, respectivamente. Se concluyó que la harina Sincos tiene mejores características fisicoquímicas y funcionales para alimentos diversos. La Sincos es superior en proteínas, humedad, grasas y cenizas, mientras que la Amarilla molinera destaca en fibra y poder de hinchamiento, siendo más adecuada para fideos y panadería.

Gallegos y Polo (2013), determinaron el análisis proximal de los principales componentes de seis leguminosas”, mediante el esquema de análisis de Weende de la composición proximal de seis leguminosas secas: arveja, garbanzo, haba, lenteja, maní y soya. Los resultados mostraron valores de humedad para arveja 13 %, garbanzo 10.7 %, haba 11.8%, maní 6.9 %, lenteja 12.2 % y soya 9.7 % y la grasa de la misma forma para la arveja 1.2%, garbanzo 6.3 %, haba 1.6 %, maní 50.4 %, lenteja 0.7 % y soya 23.3 %, también ceniza arveja 2.8 %, garbanzo 3.2 %, haba 3.4 %, maní 2.7 %, lenteja 2.8 % y soya 5.4 %, con referencia a

la fibra para arveja de 6.3 %, garbanzo 4.5 %, haba 10.0 %, maní 4.1 %, lenteja 5.2 % y soya 7.0 %, mientras las proteínas de arveja 22.6 %, garbanzo 21.3 %, haba 28.2 %, maní 26.9 %, lenteja 25.2 % y soya 35.9 % finalmente los carbohidratos de arveja 54.0 %, garbanzo 53.9 %, haba 44.9 %, maní 5.1 %, lenteja 53.8 % y soya 15.3 %. Concluyeron indicando que las seis variedades de leguminosas son una importante fuente de proteínas, lo que las posiciona como un grupo alimenticio rico en este nutriente. Además, destacaron que el haba podría ser una excelente fuente de fibra, especialmente considerando su popularidad en la preparación de platos a partir de harina integral.

Gomez y Lopez (2020), evaluó el “Uso de la harina de haba (*Vicia faba* L.) como ayudante de coagulación en el tratamiento de agua para consumo humano” cuyo objetivo fue realizar una revisión bibliográfica sobre el uso de la harina de haba (*Vicia faba* L.) como ayudante de coagulación en el tratamiento de agua para consumo humano. Su propósito fue llevar a cabo un análisis de la literatura existente acerca del empleo de harina de haba. (*Vicia faba* L.). Por lo general las metodologías para los análisis químico próximas fueron según la AOAC métodos estandarizados. Donde el porcentaje de proteína está en aproximadamente en 24,3 %, fibra 4,4 %, carbohidrato 59,6 %, grasa 1.9 %. Se puede afirmar que la harina de haba se destaca como un alimento sumamente rico en nutrientes y demuestra eficacia como coagulante auxiliar, aportando beneficios tanto para la salud como para el entorno ambiental.

2.3. Antecedentes locales

Huaraca et al. (2022), en su investigación tuvo como objetivo analizar el comportamiento térmico de harinas de tres variedades de quinua germinada, donde se emplearon calorimetría diferencial de barrido (DSC) y análisis termogravimétrico (TGA) para evaluar las muestras. Los resultados mostraron para la variedad Pasankalla a una (T_0) de 165.80 °C, un punto máximo de T_p a 169.97 °C y una (T_f) de 176.29 °C, con una entalpía de gelatinización de 175.95 J/g. En el análisis termogravimétrico, se identificaron tres zonas de pérdida de masa: etapa I para la variedad Pasankalla fue de 9.37 % entre 100 y 200 °C; etapa II mostró una pérdida a 63.35 % entre 200 y 400 °C, donde se descompusieron carbohidratos, péptidos de bajo peso molecular y almidón; la variedad Blanca Junín registró una pérdida de 67.33% en esta zona. Etapa II, entre 400 y 600 °C, correspondió a la descomposición de polisacáridos de alto peso molecular, proteínas, lípidos y otros compuestos orgánicos.

CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO

3.1. Bases teóricas

3.1.1. Habas (*Vicia faba* L.)

Las habas (*Vicia faba* L.) pertenecen a la familia Fabaceae, se cultivan como un alimento dietético básico en culturas del norte de África y Medio Oriente. Este cultivo de legumbres generalmente puede crecer sin riego, especialmente en regiones de estaciones frías y lluviosas. *Vicia faba* es una fuente de proteína sostenible con un gran potencial en propiedades nutricionales y funcionales dada el amplio conocimiento disponible sobre el este producto en la literatura sobre el potencial nutricional de *V. faba* y su impacto en el procesamiento (Sharan et al, 2020).

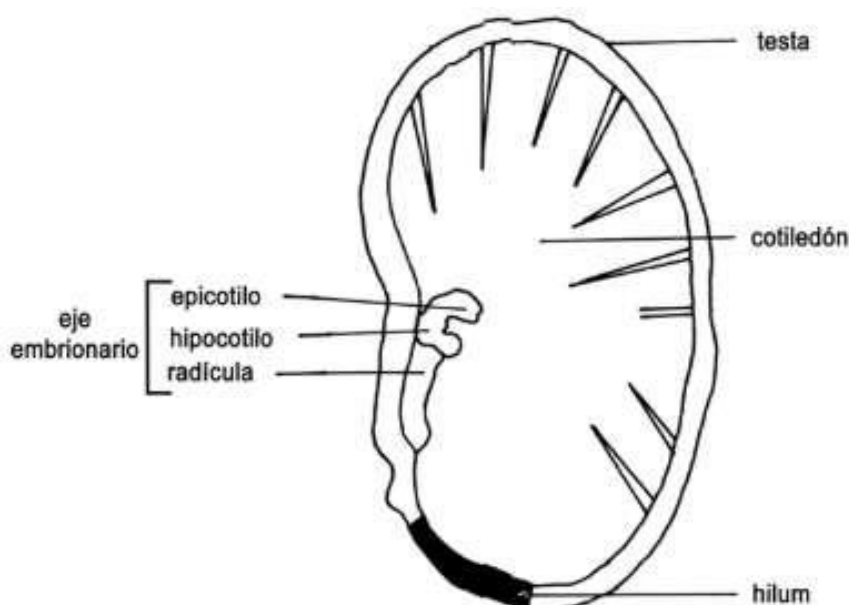
La Vicia faba L. es una leguminosa temporal que puede alcanzar una altura de 60 a 180 cm y formas pequeñas de 30 a 45 cm. Sus tallos tienen una a más ramas y tienen una raíz bastante desarrollada. Sus hojas tienen una extensión de 5 a 7,5 cm. Las vainas son verdes y tienen una parte interna de color blanco. Cuando no están maduras, las semillas se pegan y se arruga (Nuñez, 2021).

3.1.2. Grano de haba

El grano de haba es una leguminosa tradicionalmente cultivada en el país para su utilización en fresco y cuya producción se encuentra localizada principalmente en los andes. Es la séptima legumbre de grano en importancia en el mundo, es un alimento de alto valor nutricional por su alto contenido de proteínas, hidratos de carbono, vitaminas y sales minerales. Se consumen como vainas verdes tiernas o en grano tierno o seco y el follaje es un forraje muy apreciado para la alimentación del ganado (Colca, 2014).

Figura 1

Sección longitudinal de la semilla de *Vicia faba* L.



Fuente: Extraído de “estudio de factores no nutritivos en “*vicia faba* L.”: influencia de la germinación sobre su valor nutritivo” (Goyoaga, 2005).

El embrión y el cotiledón de las semillas contienen los nutrientes esenciales requeridos por la planta para su crecimiento. Durante su desarrollo el embrión está protegido por una cubierta que lo rodea. La semilla germina y crea una nueva planta cuando llega a un lugar donde la humedad y la temperatura son adecuadas.

3.1.3. Aspectos generales de las habas

3.1.3.1. Clasificación taxonómica.

Según Perugachi (2017), el haba (*Vicia Faba* L.) se clasifica de la siguiente manera:

Reino: Plantae

División: Tracheophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Fabales

Familia: Fabaceae

Género: *Vicia*

Especie: *Vicia faba*

3.1.4. Variedades de haba amarilla, peruanita y verde

La variedad de haba verde se caracteriza por su color verde intenso y forma ovalada, aplanada con un tamaño que va de mediano a grande. Cada 100 gramos contienen entre 30 y 60 semillas, equivalentes a 11 y 19 semillas por onza (28.5g) con un peso promedio de 145 a 260 gramos por cada 100 semillas (Ministerio de Agricultura y Riego, 2016).

La variedad peruanita conocida como (señorita) muestra un color crema o blanco grisáceo con una mancha roja casi negra a los costados del grano. Tiene una forma ovalada y un tamaño mediano, con un peso de 100 semillas que va de 150 a 180 gramos. Su calibre se sitúa entre 55 y 67 semillas por cada 100 gramos, o de 42 a 52 semillas por onza (Ministerio de Agricultura y Riego, 2016).

La variedad amarilla tiene una coloración amarilla que el grano oscila de 2 a 3, presentando un tono amarillo cremoso uniforme. El ciclo de desarrollo de la planta hasta la recolección de las vainas verdes se extiende a lo largo de 6 meses. Esta variante se siembra en noviembre y se cosecha se da en abril (Rosas, 2012).

Figura 2

Imagen de las tres variedades de haba



Fuente: extraído “evaluación agronómica y rendimiento en grano seco de ocho cultivares de habas (*Vicia faba* L.)” (Curi, 2015).

3.1.5. Composición química del haba

Las habas son ricas en fuente de proteínas, carbohidratos, minerales, vitaminas. Las semillas se consumen secas, tostadas, remojadas, cocidas, congeladas o enlatadas (Bala et al, 2021).

Tabla 1

Valor nutricional del haba en 100 g

| Parámetros | Haba (%) |
|---------------|----------|
| Humedad | 11,92 |
| Proteínas | 22,83 |
| Grasa | 2,24 |
| Ceniza | 3,10 |
| Fibra | 7,25 |
| Carbohidratos | 59,88 |

Fuente: Extraída de la tesis de elaboración de una mezcla alimenticia a base de haba (*Vicia faba L.*) y soya (*Glycine max L. Merr*) por proceso de cocción – extrusión (Calsin & Aro, 2019).

3.1.6. Producción y comercio mundial

La producción mundial de haba fue de 5,43 millones de toneladas métricas en 2019, lo que representó un aumento de alrededor del 25 % en comparación con los 4,35 millones de toneladas métricas de 1990. Asia lidera con el 33,55 % de la producción total de haba a nivel mundial, seguida de Europa (UE) y África, con una participación del 29,36 % y el 27,04 %, respectivamente (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2020), China destacó como el principal producto de exportación e importador de habas entre los países de mayor relevancia en este ámbito, seguido de Etiopía; estos dos países representaron alrededor del 50% de la producción mundial total, mientras Europa y el Reino Unido y Francia se encontraban entre los cinco principales productores. Además, en 2019, Australia fue el principal exportador de habas con 26,554.3 toneladas métricas o casi el 30 % de las exportaciones totales, seguida por Reino Unido, Lituania, Egipto y Letonia (FAO, 2020). Egipto lideró a los importadores con 309 355 toneladas métricas o el 40,48 % del total de las importaciones mundiales, seguido de Noruega, Alemania, Arabia Saudita y Francia (FAO, 2020).

3.2. Usos de la leguminosa haba (*Vicia faba* L.)

Se puede consumir como haba verde en sopas, así como el grano tostado que se vende en los mercados. El mayor porcentaje de la venta de esta leguminosa es el consumo en grano seco (Aldana, 2010).

Es utilizada para consumo humano y para el mercado, pero algunos la emplean para aliviar la acidez estomacal, tratar heridas y aliviar dolores de cabeza (Aldana, 2010).

El uso principal en cuanto a esta leguminosa es generalmente consumido en cocido y ulpadas. Esta leguminosa presenta una gran importancia en la agroindustria, porque aportan minerales y vitamina B1 (Fuentes et al, 2020).

3.2.1. Harinas de habas

La harina de haba es un producto alimenticio que se consigue al moler el haba seca en forma de polvo fino. Estas pueden ser usados de muchas maneras en usos culinarios y puede utilizarse para preparar diversos platos. Se puede emplear como espesante en sopas y salsas, como ingrediente para hacer panes o galletas incluso como parte de mezclas para preparar horneados. Además, debido a su contenido proteico, se utiliza a veces como suplemento de proteínas en dietas vegetarianas o veganas (Millar et al, 2019).

La harina de habas contiene una alta proporción de proteínas y presenta un contenido mineral total notablemente superior a la harina de trigo, particularmente para el potasio y magnesio, con 100 g contribuyendo a casi la mitad de la ingesta dietética recomendada. La harina de habas, también tiene un alto contenido de polifenoles y una actividad antioxidante significativamente más altos en comparación con las harinas de guisantes verdes y amarillos, el perfil de macro y micronutrientes de estas harinas demuestra su aplicación potencial para elevar el valor nutricional de los alimentos a base de cereales reformulada con estas harinas (Millar et al, 2019).

3.3. Propiedades estructurales

Se refieren a las características físicas que afectan cómo se comportan estas harinas en diferentes aplicaciones, como en la panadería y otros productos alimenticios. Estas propiedades son esenciales para entender cómo la harina de haba puede ser utilizada en la elaboración de alimentos y cómo puede influir en la calidad del producto final. Para ello se menciona en

estudio mediante la técnica FTIR porque es una buena alternativa para la detección de los componentes mayoritarios en un producto de manera rápida, confiable y efectiva en el contexto de la medición y análisis de alimentos o bebidas (Conacyt, 2008).

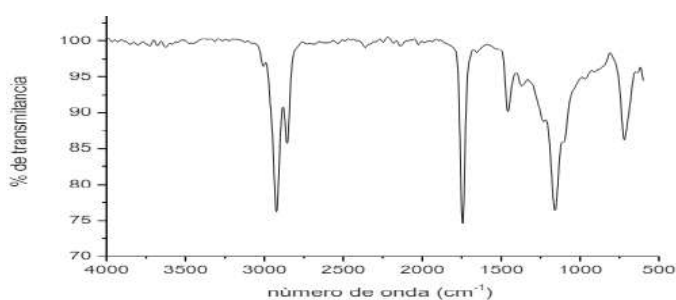
3.3.1. Espectroscopia infrarrojo con transformada de fourier (FTIR)

El espectroscopia infrarrojo es utilizado particularmente para la identificación de plásticos y materiales sintéticos y cuantificar moléculas puras de monosacáridos, oligosacáridos y polisacáridos y sus productos de hidratación (Thavarajah et al, 2023).

El análisis por espectroscopia infrarrojo implica el paso de luz infrarroja a través de una muestra para medir la intensidad de la luz transmitida y detectar transiciones en los estados vibratorios y rotacionales de las moléculas. El espectro resultante es un gráfico que muestra picos o bandas, donde en el eje horizontal se representan las longitudes de onda del infrarrojo medio en número de 4000 a 400 (cm^{-1}) o nanómetros y en el eje vertical se muestra la intensidad de absorción o transmisión. Cada pico espectral corresponde a una vibración molecular específica, ofreciendo una representación de los estados excitados en todo el rango de longitudes de onda infrarrojas (Mondragón, 2017).

Figura 3

espectro infrarrojo por transmitancia



Fuente: extraído de “Espectro de infrarrojo en absorbancia” (Mondragón, 2017).

3.4. Propiedades tecnofuncionales

Esta propiedad así referencia a la propiedad no nutricional por lo que se refiere a desempeñar un papel fundamental en la tecnología de procesamiento de alimentos , Además tiene alguna relación con los características sensoriales de un producto que son el color, textura y capacidad de retención de agua, solubilidad, poder de hinchamiento y capacidad de emulsión, por lo tanto, relevantes para los sistemas de alimentación (Baracé et al, 2015).

3.4.1. Poder de hinchamiento, índice de solubilidad y capacidad de absorción de agua

El almidón es el componente principal de las harinas vegetales y los índices de solubilidad, capacidad de absorción de agua y poder de hinchamiento pueden utilizarse como indicadores de modificación de los almidones debido a tratamientos, por lo que se refiere a índice de solubilidad que mide la cantidad de componentes solubles liberados del almidón después de la cocción y casi siempre se usa como un indicador de descomposición molecular, capacidad de absorción de agua y poder de hinchamiento en las harinas vegetales, a su vez se conoce que un mayor contenido de proteínas tiende a aumentar la absorción de agua que facilita para formar geles en presencia de calor y exceso de agua (Dussán et al, 2019).

3.4.2. Capacidad de emulsificante

La capacidad de emulsificante de las harinas se refiere a su habilidad para retener y crear burbujas de aire o gas cuando se mezclan con líquidos y se agitan vigorosamente. Este proceso crea una espuma o estructura de burbujas que puede ser fundamental en la preparación de ciertos alimentos, especialmente en la repostería y pastelería (Dussán et al, 2019).

3.5. Comportamiento térmico

Las técnicas del comportamiento térmico son aquellas en las cuales una propiedad física de una sustancia o sus productos de reacción se miden en función de la temperatura. Por lo que la sustancia se somete a un programa de temperatura controlada durante el análisis termogravimétrico (TGA) y calorimetría diferencial de barrido (DSC) se determinará los siguientes análisis en estudio propuesto: (Skoog et al, 2009).

3.5.1. Técnica para evaluar las propiedades térmicas

El análisis térmico comprende un conjunto de técnicas que analizan el cambio de comportamiento de una muestra, cuando se somete a un proceso programado con respecto a temperatura en atmósferas controladas: calentamiento, enfriamiento o isotermas (Venegas, 2017).

3.5.2. Calorimetría diferencial de barrido (DSC)

Es una técnica que analiza el cambio de la capacidad calórica de un material (C_p) con la temperatura. Los cambios en el flujo de calor ocurren cuando una muestra de masa conocida

se calienta o enfría. Los datos se recopilan como entradas diferenciales de calor basadas en la temperatura (Venegas, 2017).

Mediante calorimetría diferencial de barrido (DSC), se pueden caracterizar las propiedades térmicas en las harinas, como la temperatura de gelatinización, estabilidad térmica y contenido de lípidos fundibles. Estos datos son útiles para entender el comportamiento de las harinas durante procesos de horneado, cocción u otras aplicaciones culinarias e industriales (Del Aguila, 2022). De esta manera se menciona que todas las transformaciones o reacciones donde se produce un cambio de energía, pueden medirse a través de esta técnica; que permite observar, la capacidad calorífica aparente, transición vítrea es decir el paso del material vítreo a líquido subenfriado o viceversa (Suriñach et al, 1992).

3.5.2.1. Parámetros de caracterización de una curva de DSC.

Entender los parámetros críticos y observar el comportamiento térmico específico de un material termoplástico es fundamental al emplear diversos métodos para evaluar las transiciones térmicas (Ortiz y Barcia, 2012).

3.5.2.2. Capacidad calorífica.

La capacidad calorífica se determina al calentar simultáneamente el equipo, la muestra (polímero) y la referencia en dos cápsulas se introduce al equipo para registrar la cantidad de calor absorbido por el polímero con relación a la temperatura (Ortiz y Barcia, 2012).

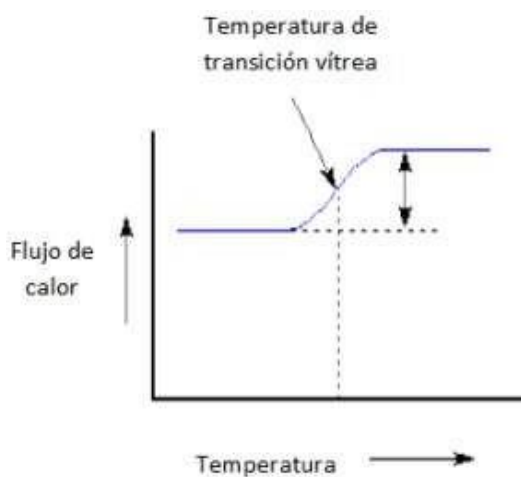
3.5.2.3. Transición vítrea.

La transición vítrea es el proceso en el cual un material amorfo, como el almidón de harina, cambia de un estado duro y frágil a un estado más blando y flexible al calentarse. Es un fenómeno físico que ocurre en los polímeros, donde el material pasa de un estado vítreo (duro y rígido) a un estado de goma (más flexible y elástico) (Suriñach et al, 1992).

La temperatura de transición vítrea (T_g) señala la movilidad de las cadenas poliméricas dentro del material, revelando las regiones amorfas del polímero. Además de cuantificar la capacidad calorífica, nos permite evaluar las fases adicionales del polímero conforme se continúa calentando, después de una cierta temperatura, la curva se desplaza hacia arriba de repente, se menciona en la Figura 5 muestra que el cambio no ocurre de manera repentina, sino que ocurre a través de un rango de temperaturas (Ortiz & Barcia, 2012).

Figura 4

Termograma de transición vítrea (T_g)



Fuente: extraído de “Análisis de Propiedades Térmicas durante Gelatinización en tres variedades de arroz INIAP aplicando el Calorímetro Diferencial de Barrido” (Ortiz & Barcia, 2012).

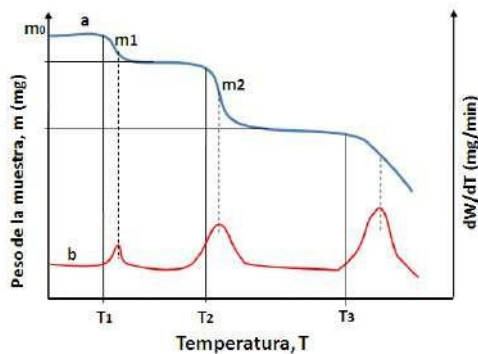
3.5.2.4. Análisis termogravimétrico (TGA).

El análisis termogravimétrico (TGA) es una técnica que mide la variación de masa de una muestra a medida que se incrementa la temperatura de manera controlada, ya sea en función del tiempo o de la temperatura, utilizando un horno y una balanza analítica para monitorear estos cambios. Luego, se calienta la muestra a una velocidad controlada en un entorno

determinado (aire, N₂, CO₂, He, Ar, etc.) y luego se calcula la pérdida de peso por descomposición resulta que se produce debido a los compuestos semivolátiles, la degradación de los polímeros y los compuestos volátiles, la representación visual de la variación de la masa en relación a la temperatura o el tiempo se conoce como termograma (Montoya y Giraldo, 2010).

Figura 5

Análisis termogravimétrico (TGA)



Fuente: extraído de “transiciones térmicas del almidón y el almidón termoplástico mediante análisis térmicos (DSC Y TGA” (Edna & Prieto, 2007).

3.6. Composición proximal

La composición proximal se usa para estimar la cantidad de sustancias alimenticias, como son: ceniza, proteína, grasa, carbohidrato y fibra (Ganogpichayagrai y Suksaard, 2020). Se centra en la evaluación de los principales componentes que conforman los alimentos, como carbohidratos, proteínas, grasas, fibras, agua y minerales. Estos componentes se denominan "proximales" porque representan los principales nutrientes y compuestos químicos presentes en los alimentos (Ganogpichayagrai y Suksaard, 2020), mencionan las siguientes definiciones:

Carbohidratos. - Incluye almidones, azúcares y fibra dietética son una fuente importante de energía para el cuerpo.

Proteínas. - Son los elementos fundamentales de los tejidos y contribuyen a diversas funciones tanto metabólicas como estructurales.

Grasas. - Contiene ácidos grasos saturados, insaturados y trans. Representan una fuente de energía concentrada y desempeñan una función crucial en la absorción de vitaminas solubles en grasas.

Fibras. - Son componentes no digeribles que ayudan a la digestión y el funcionamiento adecuado del sistema digestivo.

Agua. - Es vital para la existencia y conforma la mayor proporción del peso en numerosos alimentos.

Minerales. - Incluye elementos como calcio, hierro, zinc, magnesio, entre otros, que son esenciales para el correcto funcionamiento del organismo.

3.7. Marco conceptual

Harina de haba: Es un producto obtenido al moler habas secas, también conocidas como frijoles o habichuelas. Las habas son legumbres ricas en proteínas, carbohidratos, fibra y otros nutrientes y son comúnmente empleadas en la dieta tanto de seres humanos como animales (Millar et al, 2019).

Propiedades estructurales: Están directamente relacionadas con los conjuntos de grupos funcionales presentes en sus componentes químicos. Estos grupos funcionales son configuraciones particulares de átomos que influyen en las propiedades químicas y físicas de las moléculas (Cornejo et al, 2018).

Propiedades tecnofuncionales: Estudian las propiedades químicas que influyen el comportamiento de las proteínas en un alimento, pero estos afectan directamente en la textura del alimento, sin embargo, pueden determinar su comportamiento durante el procesamiento y almacenamiento (Badia et al, 2023).

Comportamiento térmico: se refieren a la pérdida de peso por descomposición en temperatura controladas en fase o etapa. Este estudio es fundamental para comprender cómo se comportan las harinas en procesos de cocción y producción de alimentos (Del Aguila, 2022).

Termogravimetría (TGA): Es una técnica de análisis térmico que se utiliza para estudiar los cambios de peso por descomposición de una muestra a medida que se calienta o se enfría en un ambiente controlado (Del Águila, 2022):

Calorimetría diferencial de barrido (DSC): Es un método de gran utilidad para examinar harinas, proporcionando información sobre su composición, estabilidad térmica y comportamiento durante procesos de calentamiento y enfriamiento (Del Aguila, 2022).

Composición proximal: Comprende la determinación de los porcentajes de humedad, grasa, fibra, cenizas, carbohidratos solubles y proteína en los alimentos (Ganogpichayagrai y Suksaard, 2020).

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Lugar de ejecución

La investigación, se desarrolló en la Universidad Nacional José María Arguedas (UNAJMA), específicamente en los Laboratorios de Investigación: Laboratorio de Investigación Agroindustrial (LIA) y en el Laboratorio de Investigación en Nanotecnología de Alimentos (LINA), ubicados en el local académico de Santa Rosa del distrito de Talavera, la molienda de las leguminosas se desarrolló en la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, por otro la composición proximal se determinó en el Laboratorio de Análisis Físicoquímico de Alimentos de la Facultad de Química de la "Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco", de acuerdo a los criterios establecidos por el laboratorio para el análisis de muestras en harinas.

4.2. Identificación de las variables

Mediante la Tabla 2 se visualiza las variables independientes y dependientes:

Tabla 2

Variables independientes y dependientes

| Variable independiente | Variables dependientes |
|--|--|
| Harina de Haba (variedad peruanita, variedad verde y variedad amarilla. | <ul style="list-style-type: none">✓ Propiedades estructurales (Grupos hidroxilo (-OH), carboxilo (-CH₂), amino (-NH₂).✓ Propiedades Tecnofuncionales (poder de hinchamiento, índice de solubilidad, capacidad de absorción de agua, capacidad emulsificante).✓ comportamiento térmico: Entalpia de gelatinización, calor específico, temperatura de transición vítrea y Temperatura de descomposición.✓ Composición proximal (Humedad, Proteínas, Ceniza, Grasa, Fibra y Carbohidratos) |

4.2.1. *Materiales*

Los materiales que se utilizaron en el presente trabajo de investigación se detallan en la Tabla 3.

Tabla 3

Materiales

| N° | MATERIALES | CANTIDAD |
|-----------|---|-----------------|
| 1 | Vasos precipitados de 100ml | 10 unidades |
| 2 | Vaso de precipitado de 50 ml | 10 unidades |
| 3 | Espátula grande | 01 unidades |
| 4 | Tubos de falcón de 14 ml | 50 unidades |
| 5 | Tubos de falcón de 50 ml | 50 unidades |
| 6 | Probeta de 250 ml | 8 unidades |
| 7 | Probeta de 50 ml | 6 unidades |
| 8 | Placas Petri de vidrio | 36 unidades |
| 9 | Espátula pequeña | 02 unidades |
| 10 | Mortero de agata | 01 unidad |
| 11 | Micro pepitas automatizadas de 20 ul | 01 unidad |
| 12 | Micro pepitas automatizado de 50 ul | 01 unidad |
| 13 | Micro pepitas automatizado de 100 a 1000 ul | 01 unidad |
| 14 | Charolas de aluminio | 03 unidades |
| 15 | Eppendorf | 10 unidades |
| 16 | Pinzas de acero | 01 unidad |
| 17 | Magnético | 01 unidad |
| 18 | Desecador | 01 unidad |
| 19 | Pisetas | 03 unidades |
| 20 | Papel tisú | 01 caja |
| 21 | Guantes de nitrilo | 01 caja |
| 22 | Isopo | 01 caja |
| 23 | Film | 01 rollo |
| 24 | Bolsas de cierre hermética de 5x4 | 8 unidades |
| 25 | Bolsas de cierre hermética de 10x12 | 8 unidades |
| 26 | Bolsas de cierre hermíticas de 3x6 | 8 unidades |
| 27 | Cinta masquen | 01 unidad |
| 28 | Rotulador | 01 unidad |
| 29 | Tejera | 01 unidad |
| 30 | Gradilla | 02 unidades |
| 31 | Encendedor | 01 unidad |
| 32 | Aceite girasol | 1 litro |

4.2.2. Instrumentos y equipos

Los instrumentos y equipos que se utilizó en el presente trabajo de investigación se detallan en la Tabla 4.

Tabla 4

Instrumento y equipos

| N° | Nombres | Cantidad | Marca |
|----|--|-----------|-------------------|
| 1 | Centrifuga | 01 unidad | SIGMA |
| 2 | Balanza Analítica | 01 unidad | Radwag |
| 3 | Molino de discos | 01 unidad | Corona |
| 4 | Calorímetro Diferencial de Barrido (DSC) | 01 unidad | TADSC2500 |
| 6 | Analizador Termogravimétrico (TGA) | 01 unidad | DISCOVERY TGA 550 |
| 7 | Estufa | 01 unidad | MEMMERT |
| 8 | Baño isotérmico | 01 unidad | BOROSIL germany |
| 9 | Espectrómetro FTIR | 01 unidad | Thermo Fisher |
| 10 | Desecador | 01 unidad | DURAN® |
| 11 | Agitador de Tamiz Dura Tap | 01 unidad | AVANTECH |
| 12 | Plancha Ajustadora | 01 unidad | IKA C-MAG HS |
| 13 | Ultra turrax | 01 unidad | IKA T50 |
| 14 | Sonificador | 01 unidad | BRANSON 5800 |
| 15 | Bortex | 01 unidad | IKA VORTEX 3 |

4.2.3. Reactivos

Los reactivos que se utilizó en la presente de trabajo de investigación se detallan de la Tabla 5.

Tabla 5

Reactivos

| N° | Reactivos | Cantidad |
|----|----------------------------------|----------|
| 1 | Alcohol etílico 90% | 1 litros |
| 2 | Bromuro de potasio CAS 7758-02-3 | gramos |

4.3. Población y muestra

4.3.1. Población

La población fue 5.5 kg de las harinas de haba por variedad (amarrilla, verde y peruanita), los cuales fueron obtenidas de la granería Henry de la provincia de Andahuaylas, quien a su vez recolecta la materia prima de la comunidad Anansayocc del distrito de Ocobamba.

4.3.2. Muestra

La muestra está referida a una porción de las harinas de haba, la cantidad de la muestra se determinó en función a los análisis que se realizaron en el estudio por cada propiedad a determinar. Se utilizó en la investigación 300 g de harina de haba por cada variedad para los análisis respectivos.

4.3.3. Muestreo

Se utilizó el muestreo no probabilístico por conveniencia, ya que se seleccionó las muestras sobre la base del conocimiento y a juicio propio del investigador.

4.3.4. Tipo de investigación

Aplicada: Debido a que se evaluó las propiedades estructurales, tecnofuncionales, comportamiento térmico y composición proximal en las harinas de haba de tres variedades (amarilla, peruanita y verde), aplicando conceptos teóricos y pertinentes al tema y a la ingeniería agroindustrial.

Según el alcance

Explicativa: Debido a que se explicó los resultados encontrados de las propiedades estructurales, tecnofuncionales, comportamiento térmico y composición proximal en las harinas, en comparación a los antecedentes, conceptos tecnológicos y científicos.

Según enfoque

Cuantitativa: Debido a que se midieron y determinaron datos numéricos de las propiedades tecnofuncionales y composición proximal de las harinas de haba, a través de la utilización de instrumentos y/o equipos.

Experimental: Debido a que se manipularon variables de estudio: variedades de la harina de haba, los cuales se denominaron factor o fuente de variabilidad. Asimismo, se considera experimental ya que se aleatorizó los experimentos o tratamientos a fin de obtener muestras representativas, esto se representó a través de una matriz de diseño experimental.

Ámbito de estudio

El presente trabajo de investigación fue desarrollado en los Laboratorios de Investigación Agroindustrial de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional José María Arguedas, el cual está ubicado en el Barrio Santa Rosa Av. 28 de Julio N° 1103, del distrito de Talavera de la Reyna, Provincia de Andahuaylas, Región Apurímac, donde se realizaron los análisis correspondientes para lograr los objetivos planteados en la presente investigación.

4.4. Metodología experimental

4.4.1. Descripción del proceso de obtención de la harina de haba (*Vicia faba* L.)

Materia prima: Se utilizó tres variedades de haba que fueron adquiridas de la granería Henry y la comunidad de Anansayoc del distrito de Ocobamba las variedades fueron: variedad amarilla, peruanita y verde. Las muestras consideradas en el estudio son las que se producen en su mayor proporción en las zonas de la región Apurímac.

Recepción de la materia prima: Se verificó que la materia prima se encuentre en buenas condiciones las habas de tres variedades.

Selección y clasificación: Se seleccionó los granos de haba, con el objetivo de separar los granos dañados o contaminados, piedras entre otros.

Pesado: Se pesó 5 kg de haba de cada variedad en buen estado, sin daño físico para su posterior proceso.

Molido: Se procedió a moler los granos secos con una humedad de 10.23 % de haba en un molino de discos para reducir el tamaño de las partículas hasta obtener harina, esta etapa se procedió en la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac.

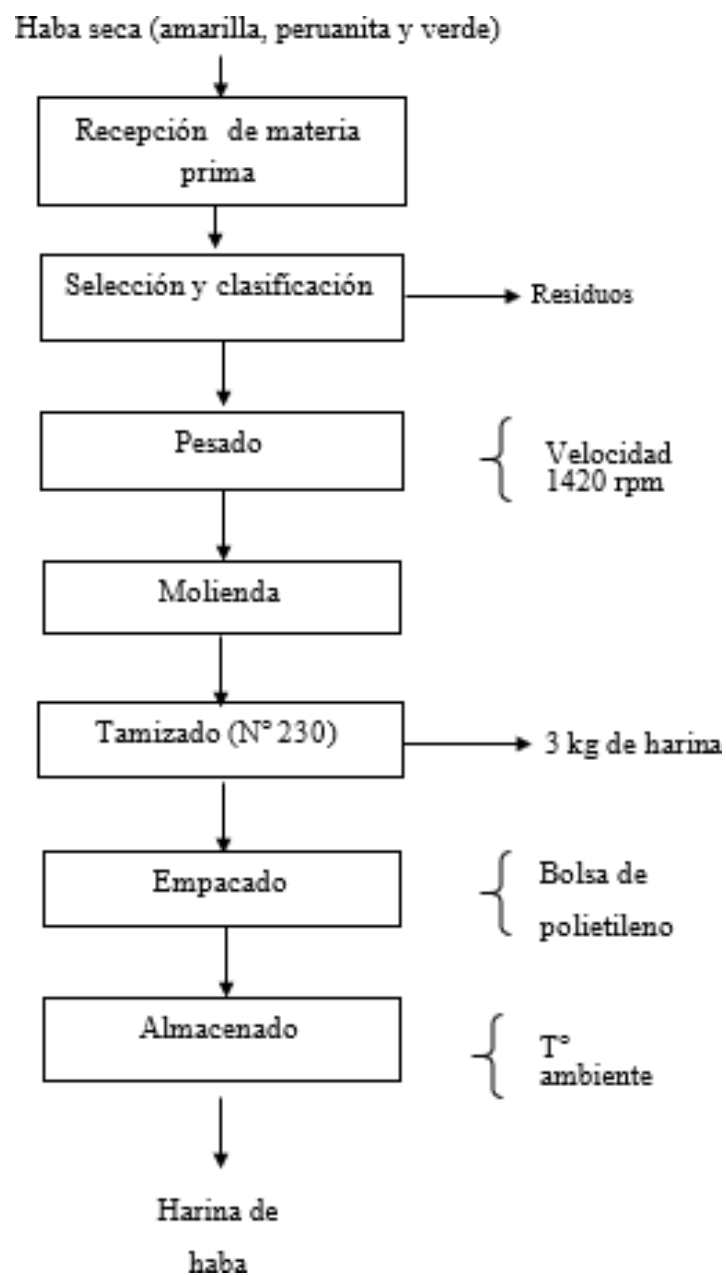
Tamizado: El haba molida se tamizó en una tamizadora de la marca ADVANTECH en la malla número 230 para obtener un tamaño de partícula de 63 μm .

Empacado: Se colocó la harina en un empaque hermético para proteger de la humedad ambiental y preservar sus características.

Almacenamiento: Se mantuvo en sitios fresco a temperatura ambiente para preservar la humedad y evitar la proliferación de microorganismos.

Figura 6

Diagrama de bloques cualitativo para la obtención de harina de haba



4.5. Método de análisis

A nivel de los métodos para los análisis de las muestras se utilizaron las siguientes técnicas:

4.5.1. *Determinar las propiedades estructurales mediante (FT-IR) de la harina de haba (Vicia faba L.)*

Se identificó los grupos funcionales de las harinas de haba (verde, peruanita y amarilla), utilizando el equipo espectroscopia de infrarrojo con transformada de Fourier de marca Thermo Fisher modelo Nicolet IS50, método descrito por Orsini et al, (2021).

Se fabricaron pellets con 200 mg de bromuro de potasio (KBr) y 2 mg de muestra de harina de haba, los cuales se mezclaron cuidadosamente en un mortero de ágata y se prensaron manualmente durante 10 segundos. Luego se realizaron lecturas en el modo de transmisión utilizando una espectroscopia de infrarrojo con 32 escaneados, una resolución de 8 cm^{-1} y un rango espectral del infrarrojo ($4000\text{-}400\text{ cm}^{-1}$), utilizando el pellet de KBr con referencia de fondo.

4.5.2. *Determinar las propiedades tecnofuncionales de las harinas de haba (Vicia faba L.)*

4.5.2.1. Poder de hinchamiento, índice de solubilidad y capacidad de absorción de agua.

Las tres muestras de harina de haba se determinaron mediante el método empleado por (Cornejo et al, 2018) con algunas modificaciones:

- ✓ Se tomaron 0.24 gramos de muestra de harina amarilla, peruanita y verde en un tubo de falcón, se añadieron 12 ml de agua destilada, luego se homogenizó la mezcla en vortex a 2000 rpm hasta diluir completamente la harina. Posteriormente se puso la muestra en un baño maría a diferentes temperaturas (60, 70, 80 y 90°C), durante 30 minutos. Después se dejó enfriar a temperatura ambiente y se centrifugó a 5000 rpm a 4°C durante 30 minutos.
- ✓ El sobrenadante fue cuidadosamente transferido a una placa Petri, luego se pesó el tubo de falcón con gel y placas con sobrenadante y se colocaron en una estufa a 90°C durante 24 horas.
- ✓ Se emplearon ecuaciones específicas para calcular la capacidad de absorción de agua, solubilidad y el poder de hinchamiento del material.

$$CAA \left(\frac{g}{g} \right) = \frac{M_1 \text{ gel } (g)}{M_0 \text{ harina } (g)} \quad \text{Ec. 01}$$

$$ISA \left(\frac{g}{100 g} \right) = \frac{M_2 \text{ sobrenadante seco } (g)}{M_0 \text{ harina } (g)} \times 100 \quad \text{Ec. 02}$$

$$PH \left(\frac{g}{g} \right) = \frac{M_1 \text{ gel } (g)}{M_0 \text{ harina} - M_2 \text{ sobrenadante seco } (g)} \quad \text{Ec. 03}$$

Donde:

M_0 : peso inicial de harina

M_1 : peso de gel (g)

M_2 : peso de sobrenadante seco (g)

4.5.2.2. Capacidad emulsificante.

Las tres muestras de harina de haba se determinaron según la metodología definida por Yasumatsu et al. (1972),

Procedimiento:

- ✓ Se inició pesando 2.50 gramos de harina de haba (amarilla, peruanita y verde) en un tubo de falcón, para luego ser homogenizado con 100 ml de agua destilada y 50 ml de aceite comercial, suavemente se agitó con agitador magnético en 5000 rpm, inmediatamente se pasó a ultraturax a 10000 rpm por 10 segundos.
- ✓ Luego se procedió a centrifugar en tubos de falcón a 3000 rpm en temperatura de ambiente por 5 minutos.
- ✓ Por último, se separó el emulsificante del líquido.

La actividad emulsionante se determinó mediante la siguiente ecuación.

$$CE = \frac{\text{Volumen final de la emulsión}}{\text{Volumen inicial de la emulsion}} \times 100 \quad \text{Ec. 04}$$

4.5.3. Determinar el comportamiento térmico de la harina de haba

El análisis termogravimétrico (TGA) es una técnica muy importante y ampliamente empleada que permite caracterizar con las muestras experimentan la descomposición térmica,

determinando la cantidad de pérdida de masa como la velocidad a la que ocurre. Además, posibilita evaluar la estabilidad térmica y el comportamiento de materiales polímeros a lo largo del tiempo, se empleó la siguiente metodología definidas por Ligarda et al. (2023), con algunas modificaciones.

Preparación de muestras:

- ✓ Se pesó 10 mg de harina de haba (amarilla, peruanita y verde) en TGA platinum con una capacidad de 100 μ l.
- ✓ Después, la muestra fue sometida al equipo de la marca TA instruments, modelo TGA 550 (TA INSTRUMENT, New Castle, DE, EE. UU.), donde se calentó desde 20 a 600 $^{\circ}$ C, con un incremento de temperatura de 10 $^{\circ}$ C/min en una atmosfera de nitrógeno a un flujo de 50 ml/min.

4.5.4. Calorimetría diferencial de barrido (DSC)

Primero se encendió el equipo de DSC 250 y luego realizar las corridas experimentales, descritas por Ligarda et al. (2023).

Preparación de muestra:

- ✓ Se pesó 80 mg de muestra en el eppendorf, luego se agregó 100 μ l de agua destilada.
- ✓ Seguidamente se homogenizó a 300 rpm en un vortex con la finalidad de hidratar la muestra.
- ✓ Se pesó la charola (crisol de aluminio Tzero), se taro el crisol y se colocó 7 mg de muestra.
- ✓ Se selló la charola (crisol) para colocar en el equipo calorímetro diferencial de barrido (DSC), teniendo como referencia un crisol vacío y otro con muestra.
- ✓ Se utilizó la metodología definida por (Carlos A. Ligarda-Samanez, Elibet Moscoso-Moscoso et al., 2023), el equipo calorímetro de barrido diferencial (DSC2500, TA Instruments, New Castle, DE, EE. UU.). Se analizaron 7 mg de harina de haba previamente hidratada con agua, calentándola desde 20 $^{\circ}$ C hasta 150 $^{\circ}$ C, a una velocidad de calentamiento de 3 $^{\circ}$ C/ min en una atmósfera de nitrógeno.
- ✓ Finalmente se procesó los datos obtenidos en el programa Orinlab.

4.5.5. *Determinar la composición proximal en las harinas de (Vicia faba L.)*

La composición proximal de la harina se analizó en el laboratorio de análisis fisicoquímico de los alimentos de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco. El objetivo de obtener información cuantitativa sobre su composición utilizando métodos analíticos específicos para determinar el porcentaje de proteínas, cenizas, fibra cruda, grasa, carbohidratos y humedad. Se emplearon los métodos reconocidos internacionalmente por su fiabilidad y precisión, establecidos por la Métodos Oficiales del Codex Alimentarius para Análisis Proximal y Constituyentes Nutricionales para Alimentos y Bebida. Esta metodología permitió obtener datos precisos y confiables sobre la composición nutricional de la harina de haba, esencial para comprender su valor nutricional y sus posibles aplicaciones en la industria alimentaria.

En la composición proximal se realizó de las siguientes pruebas:

- **Humedad.** La humedad se determinó según los métodos estándar de la AOAC 964.22
Procedimiento:
Se pesó 5 g de almidón en una capsula de aluminio previamente tarada. Se pasó a secar en la estufa a 105 °C durante 3 horas. Se pasó a enfriar en un desecador aproximadamente 30 minutos y luego, se pesó el residuo.
- **Proteínas.** El contenido de proteínas de las muestras se determinó por método de Kjeldahl. Que consta de tres partes la digestión, destilación y valoración (método N° 955.04 de la AOAC -Kjeldahl)
- **Grasa.** El contenido de grasa se determinó con el método Soxhlet descrito por la AOAC 920.39 donde se pesó 5,0 gramos de muestra de la harina. Una vez realizado el análisis, las copas de las extracciones, se colocaron en una estufa de secado (1 h – 105 °C) enfriadas en un desecador, luego se pasó a pesar y finalmente se calculó el porcentaje de grasa.
- **Ceniza.** El contenido de cenizas se pesó 2 gr de las harinas de haba, se determinó en un horno mufla después de calentar en mufla a 600 °C hasta que se muestre un color gris quedando como residuo resultante después de su incineración en condiciones determinadas. (Método N° 942.05 de la AOAC)
- **Fibra.** Se determinó la fibra mediante la eliminación de los carbohidratos solubles por hidrolisis a compuestos más simples (azúcares) mediante la adición de ácidos y bases

débiles en caliente y las cenizas (por diferencia de peso después de la ignición de la materia fibrosa obtenida) (método N° 962.09 de la AOAC).

- **Carbohidratos.** Se determinó mediante la diferencia de los demás compuestos, después de obtener los porcentajes de los demás componentes (Hart, 1971) y (Lees, 1999)

La fórmula general para este método es:

$$\text{Carbohidratos (\%)} = 100 - (\text{Proteínas (\%)} + \text{Grasas (\%)} + \text{humedad (\%)} + \text{Cenizas (\%)})$$

Donde:

Proteínas (%): Porcentaje de proteínas en la muestra.

Grasas (%): Porcentaje de grasas en la muestra.

Agua (%): Porcentaje de agua en la muestra.

Cenizas (%): Porcentaje de cenizas (componentes inorgánicos) en la muestra.

4.5.6. Diseño experimental y análisis estadístico

Se empleó un diseño completamente al Azar (DCA), con tres repeticiones, así como se muestra la siguiente tabla.

Tabla 6

Matriz de diseño experimental.

| Variables independientes | Variables dependientes | | | |
|--------------------------|--|--|------------------------------------|--|
| | Propiedades estructurales (grupos funcionales) | Tecnofuncionales (poder de hinchamiento, índice de solubilidad y capacidad de absorción de agua) | Comportamiento térmico (DSC Y TGA) | Composición proximal (Humedad, proteínas, ceniza, fibra y carbohidratos) |
| harina | Tratamientos | Tratamientos | Tratamientos | Tratamientos |
| V. amarilla | T1,1 A | T1,1 B | T1,1 C | T1,1 D |
| | T1,2 A | T1,2 B | T1,2 C | T1,2 D |
| | T1,3 A | T1,3 B | T1,3 C | T1,3 D |
| V. peruanita | T2,1 A | T2,1 B | T2,1 C | T2,1 D |
| | T2,2 A | T2,2 B | T2,2 C | T2,2 D |
| | T2,3 A | T2,3 B | T2,3 C | T2,3 D |
| V. verde | T3,1 A | T3,1 B | T3,1 C | T3,1 D |
| | T3,2 A | T3,2 B | T3,2 C | T3,2 D |
| | T3,3 A | T3,3 B | T3,3 C | T3,3 D |

Nota: (A): Propiedades estructurales, (B): Propiedades tecnofuncionales, (C): Comportamiento térmico, (D): composición proximal.

Donde:

T1, es la harina de la variedad amarilla.

T2, es la harina de la variedad peruanita.

T3, es la harina de la variedad verde.

A, que pertenece a los estudios de los grupos funcionales.

B, que pertenece a los estudios de poder de hinchamiento, índice de solubilidad y capacidad de absorción de agua.

C, que pertenece a los estudios de comportamiento térmico (DSC) y (TGA).

D, que pertenece a los estudios de composición proximal (humedad, proteínas, ceniza, fibra y carbohidratos).

Todos los tratamientos se realizaron con las mismas condiciones, se manipuló las harinas de las tres variedades de haba, lo que define como DCA.

El DCA solo consideran dos fuentes de variabilidad: el error aleatorio y los tratamientos (Gutierrez y Vara, 2008). En la ecuación 5 se muestra el modelo estadístico para el diseño completamente al azar.

$$Y_{ij} = \mu + T_j + \varepsilon_{ij} \quad \text{Ec. 05}$$

Y_{ij} es el resultado de las propiedades estructurales, tecnofuncionales, comportamiento térmico y composición proximal de la harina de haba de las variedades amarilla, peruanita y verde.

T_j : Replica de los tratamientos.

ε_{ij} : Error aleatorio que se da en las réplicas.

μ : Promedio de las medias de cada variable.

ANOVA para el Diseño completamente al azar (DCA)

Para el análisis cuantitativo, se utilizará el análisis de varianza (ANOVA), para determinar si existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias, complementado con la prueba de Tukey para comparar las medias entre los tratamientos.

Hipótesis experimentales

El propósito del análisis de varianza en un diseño completo al azar (DCA) es evaluar la hipótesis de igualdad de tratamientos con respecto a la media de la variable de respuesta correspondiente.

$$H_0: T_1 = T_2 = T_3 = T_4 = 0$$

$$H_a: T_i \neq 0; \text{ para algún } i \neq j$$

Para lo cual se planteó las siguientes hipótesis:

H_0 : No existen diferencias significativas entre las propiedades estructurales, tecnofuncionales, comportamiento térmico y composición proximal de las tres variedades de harinas de haba (*Vicia faba* L.).

H_a : Existen diferencias significativas entre las propiedades estructurales, tecnofuncionales, comportamiento térmico y composición proximal de las tres variedades de harinas de haba (*Vicia faba* L.).

Se realizó una ANOVA con un nivel de significancia del 5% para evaluar si existían diferencia significancia entre los tratamientos. Se aceptó la hipótesis nula si $p > 0.05$, indicando que no había diferencias significativas entre los grupos. En caso contrario, se utilizó la prueba de Tukey para determinar dónde se encontraban las diferencias entre los tratamientos:

$$H_0: T_i = t_j$$

$$H_A: t_i \neq U_j \text{ para todo } i \neq j$$

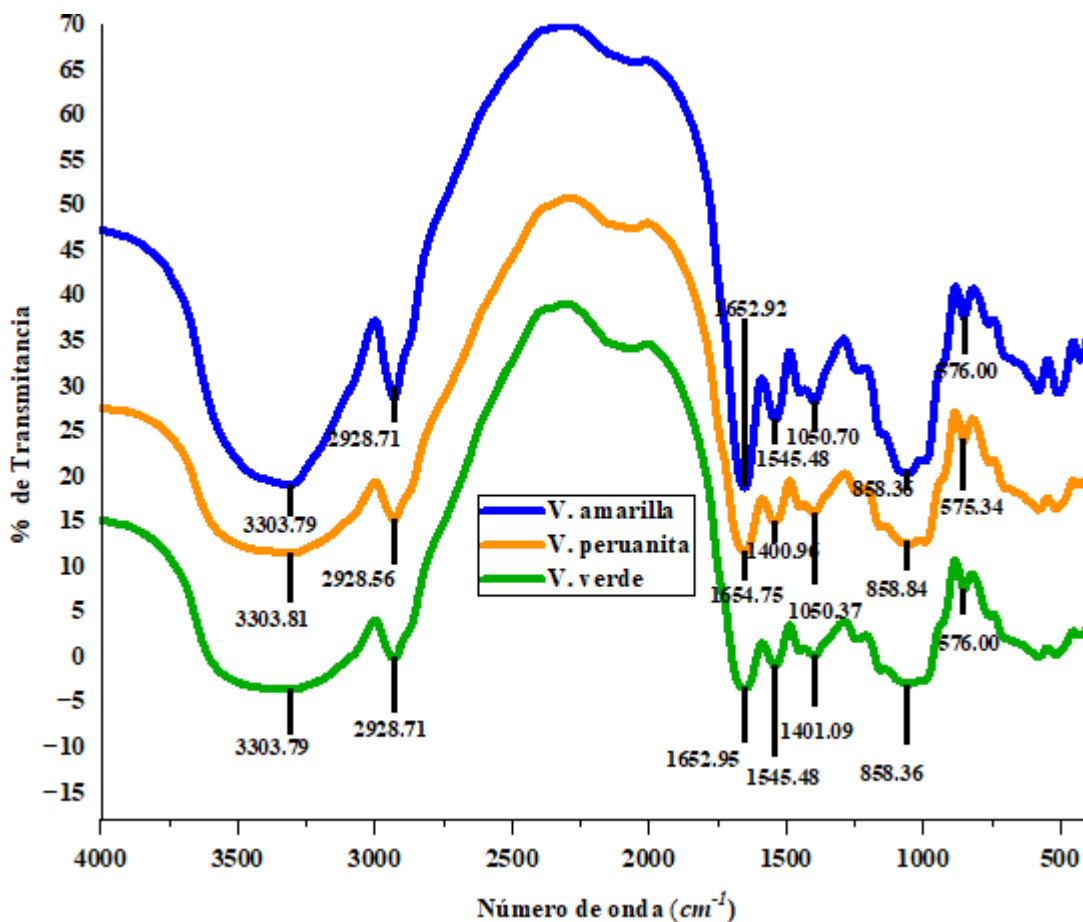
CAPITULO V: RESULTADOS

5.1. Determinación de las propiedades estructurales de la harina de haba (*Vicia faba* L.)

5.1.1. Grupos funcionales

Figura 7

Análisis FTIR sobre la harina de haba, variedades (amarilla, peruanita y verde)



En la figura 8 se muestra los espectros IR de las harinas de haba, teniendo picos intensos desde 3303.79 a 575.34 cm^{-1} . Las tres variedades de harina en estudio se presentaron picos similares; la región 3303.79 cm^{-1} se relaciona a las vibraciones de estiramiento de los enlaces -OH, lo que se atribuye a la presencia de agua y carbohidratos. La variedad amarilla tuvo la intensidad más alta, mientras que la variedad verde fue la más baja. Esto indica, que contiene los mismos grupos funcionales, pero habrá diferencias en su concentración de agua y carbohidratos, igualmente en la región de 2928.56 cm^{-1} pertenecen estiramiento del CH_2 que se encuentran presentes en el grupo metileno de los polisacáridos, en la región 1654.75 cm^{-1} se

encuentra la amida I y 1401.09 cm^{-1} amida II de los grupos aminos de los aminoácidos en las estructuras proteicas en las harinas. Mientras en la región 1050.37 cm^{-1} se contribuye el grupo funcional amina (C-N), está relacionado a la presencia de proteína. En la región de 858.84 al 575.34 cm^{-1} están las vibraciones de los grupos C-O del grupo éster en la estructura C-O-C del anillo glicosídico de los gránulos de almidón presentes en las harinas, identificado las vibraciones típicas de los hidratos de carbono.

Las harinas de las habas de la presente investigación mostraron picos similares y muy cercanos a los de referencia, evidencia que las harinas presentan de diversos grupos funcionales.

5.2. Determinación de las propiedades tecnofuncionales

5.2.1. Poder de hinchamiento de la harina de haba (PH)

Los resultados del poder de hinchamiento en las harinas de haba se presentan en la Tabla 7. Donde se evidencia una diferencia significativa entre las muestras evaluadas ($p < 0.05$ – Anexos 1 al 4). A una temperatura de 90 °C el poder de hinchamiento presentó un promedio muestral entre 11.29 a 12.16 g de gel/g en las tres variedades de harina haba, sin embargo, a temperaturas inferiores a 90 °C se encontró el poder de hinchamiento con un promedio muestral entre 4.74 a 10.49 g de gel/g para las tres variedades de harina de haba. La harina de haba variedad verde muestra un poder de hinchamiento relativamente baja en comparación con las variedades amarilla y peruanita en diferentes temperaturas de tratamiento.

Tabla 7*Poder de hinchamiento en harinas*

| T (°C) | Harina de haba | Poder de hinchamiento (g del gel/g) | | | | Tukey |
|--------|----------------|-------------------------------------|-------|------|--------|-------|
| | | \bar{x} | \pm | s | CV (%) | |
| 60 °C | Amarilla | 5.61 | \pm | 0.12 | 2.20 | a |
| | Peruanita | 4.86 | \pm | 0.11 | 2.29 | b |
| | Verde | 4.74 | \pm | 0.07 | 1.57 | b |
| 70 °C | Amarilla | 7.19 | \pm | 0.06 | 0.85 | a |
| | Peruanita | 7.22 | \pm | 0.15 | 2.08 | a |
| | Verde | 6.22 | \pm | 0.04 | 0.59 | b |
| 80 °C | Amarilla | 10.49 | \pm | 0.15 | 1.47 | a |
| | Peruanita | 10.00 | \pm | 0.12 | 1.20 | b |
| | Verde | 6.66 | \pm | 0.25 | 3.77 | c |
| 90 °C | Amarilla | 11.29 | \pm | 0.06 | 0.56 | a |
| | Peruanita | 12.16 | \pm | 0.01 | 0.09 | b |
| | Verde | 11.42 | \pm | 0.12 | 1.08 | a |

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

5.2.2. Índice de Solubilidad de la harina de haba (IS)

Los resultados del índice de solubilidad en las harinas de haba, presentados en la Tabla 8, muestran diferencias significativas entre las temperaturas evaluadas ($p < 0.05$) donde se puede observar en el anexo de figura del 5-8, que son diferentes entre las medias. A una temperatura de 90 °C, el índice de solubilidad en las tres variedades de harina de haba presenta el promedio muestral entre 38.78% y 40.91%, en comparación con las temperaturas inferiores a 90 °C. Al comparar el índice de solubilidad entre las harinas de haba, se observa que la variedad amarilla tiene valores inferiores entre las variedades peruanita y verde en las distintas temperaturas de tratamiento.

Tabla 8*índice de solubilidad en las harinas de haba*

| T (°C) | Harina de haba | Índice de Solubilidad (%) | | | | Tukey |
|--------|----------------|---------------------------|-------|------|--------|-------|
| | | \bar{x} | \pm | s | CV (%) | |
| 60 °C | Amarilla | 29.81 | \pm | 0.20 | 0.66 | a |
| | Peruanita | 30.67 | \pm | 1.04 | 3.38 | a |
| | Verde | 30.65 | \pm | 0.55 | 1.79 | a |
| 70 °C | Amarilla | 31.49 | \pm | 0.05 | 0.15 | a |
| | Peruanita | 35.35 | \pm | 0.22 | 0.63 | b |
| | Verde | 31.90 | \pm | 0.15 | 0.47 | c |
| 80 °C | Amarilla | 37.61 | \pm | 0.20 | 0.53 | a |
| | Peruanita | 38.50 | \pm | 0.22 | 0.56 | b |
| | Verde | 32.89 | \pm | 0.52 | 1.59 | c |
| 90 °C | Amarilla | 38.78 | \pm | 0.22 | 0.57 | a |
| | Peruanita | 40.91 | \pm | 1.02 | 2.48 | b |
| | Verde | 40.80 | \pm | 0.19 | 0.47 | b |

Nota: donde \bar{x} : promedio muestral, s: desviación estándar muestral, CV: coeficiente de variabilidad, letras diferentes indican significancia, evaluadas a través de la prueba de Tukey con un 95% de confianza.

5.2.3. Capacidad de absorción de agua de la harina de haba (CAA)

Los resultados obtenidos para la capacidad de absorción de agua reflejan la cantidad de agua que la harina puede absorber y retener. Se observa diferencias significativas temperaturas de tratamiento ($p < 0.05$). De acuerdo a la Tabla 9, a una temperatura de 90 °C, la capacidad de absorción de agua es mayor para las diferentes variedades de harina, con valores que varían entre 6.76 y 7.18 g/g. En contraste, la variedad verde presenta valores inferiores en comparación con las otras variedades bajo las mismas condiciones de tratamiento.

Tabla 9*Capacidad de absorción de agua de la harina de haba*

| T (°C) | Harina de haba | Capacidad de absorción de agua (g/g) | | | | Tukey |
|--------|----------------|--------------------------------------|-------|------|--------|-------|
| | | \bar{x} | \pm | s | CV (%) | |
| 60 °C | Amarilla | 3.93 | \pm | 0.08 | 1.95 | a |
| | Peruanita | 3.37 | \pm | 0.05 | 1.39 | b |
| | Verde | 3.29 | \pm | 0.03 | 1.01 | b |
| 70 °C | Amarilla | 4.93 | \pm | 0.04 | 0.90 | a |
| | Peruanita | 4.67 | \pm | 0.11 | 2.27 | b |
| | Verde | 4.23 | \pm | 0.03 | 0.75 | c |
| 80 °C | Amarilla | 6.55 | \pm | 0.08 | 1.16 | a |
| | Peruanita | 6.15 | \pm | 0.06 | 0.97 | b |
| | Vrde | 4.47 | \pm | 0.13 | 3.01 | c |
| 90 °C | Amarilla | 6.91 | \pm | 0.05 | 0.68 | a |
| | Peruanita | 7.18 | \pm | 0.12 | 1.68 | b |
| | Verde | 6.76 | \pm | 0.08 | 1.14 | a |

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

5.2.4. Capacidad de emulsificante en las tres variedades de harina

La capacidad emulsificante (CE) de las harinas de las tres variedades de haba se presenta en la Tabla 10. Los resultados indican que no existen diferencias significativas en la capacidad emulsificante entre las tres variedades ($p > 0.05$). Teniendo valores que variaron desde 46.043 a 48.1548, como se muestra en la Figura 8. Se observa las medias Tukey con un intervalo de confianza del 95%, indicando que no existen diferencias significativas debido a que traslapan.

Tabla 10

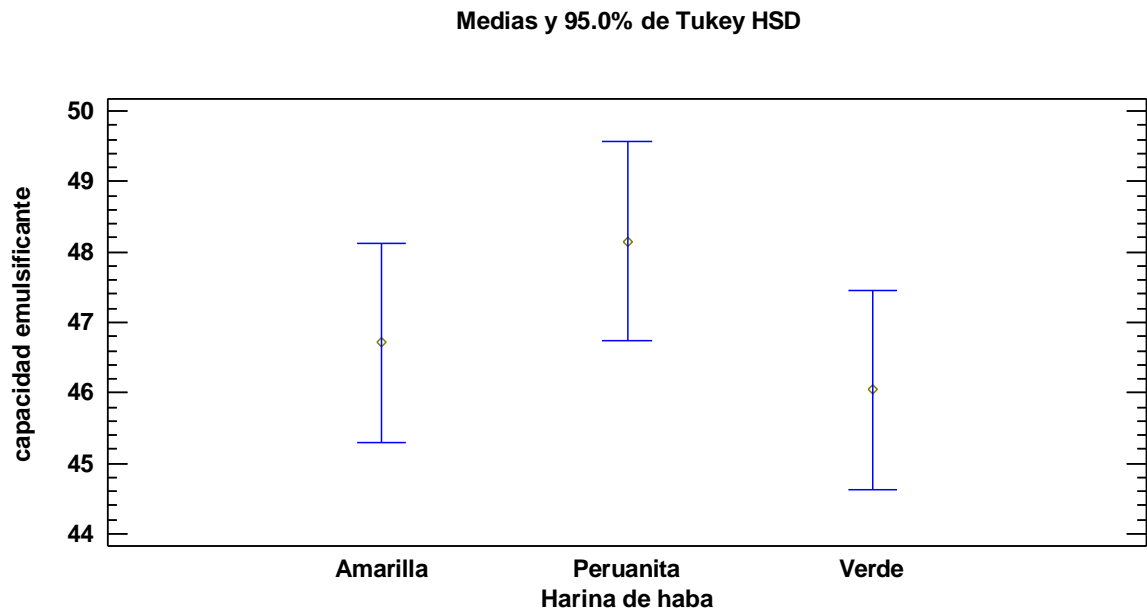
Capacidad emulsificante en las harinas de haba

| Harina de haba | CE | | | | Tukey |
|----------------|-----------|-------|----------|---------|-------|
| | \bar{x} | \pm | s | CV (%) | |
| Amarilla | 46.7158 | \pm | 0.817052 | 1.74899 | a |
| Peruanita | 48.1548 | \pm | 0.904236 | 1.87777 | a |
| Verde | 46.043 | \pm | 1.52583 | 3.31392 | a |

Nota: donde \bar{x} : promedio muestral, s: desviación estándar muestral, CV: coeficiente de variabilidad, letras diferentes son significancia, evaluadas por Tukey con un 95% de confianza.

Figura 8

Gráfico de medias para capacidad emulsificante en las harinas de haba



5.3. El comportamiento térmico con la técnica TGA y DSC de la harina de haba

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

Figura 9

Termograma de calorimetría diferencial de barrido (DSC) en las harinas de haba

En la Figura 9 se muestra el termograma DSC de harinas de haba, logrando identificar un pico endotérmico que referencia a la temperatura de gelatinización y la transición vítrea como una caída escalonada.

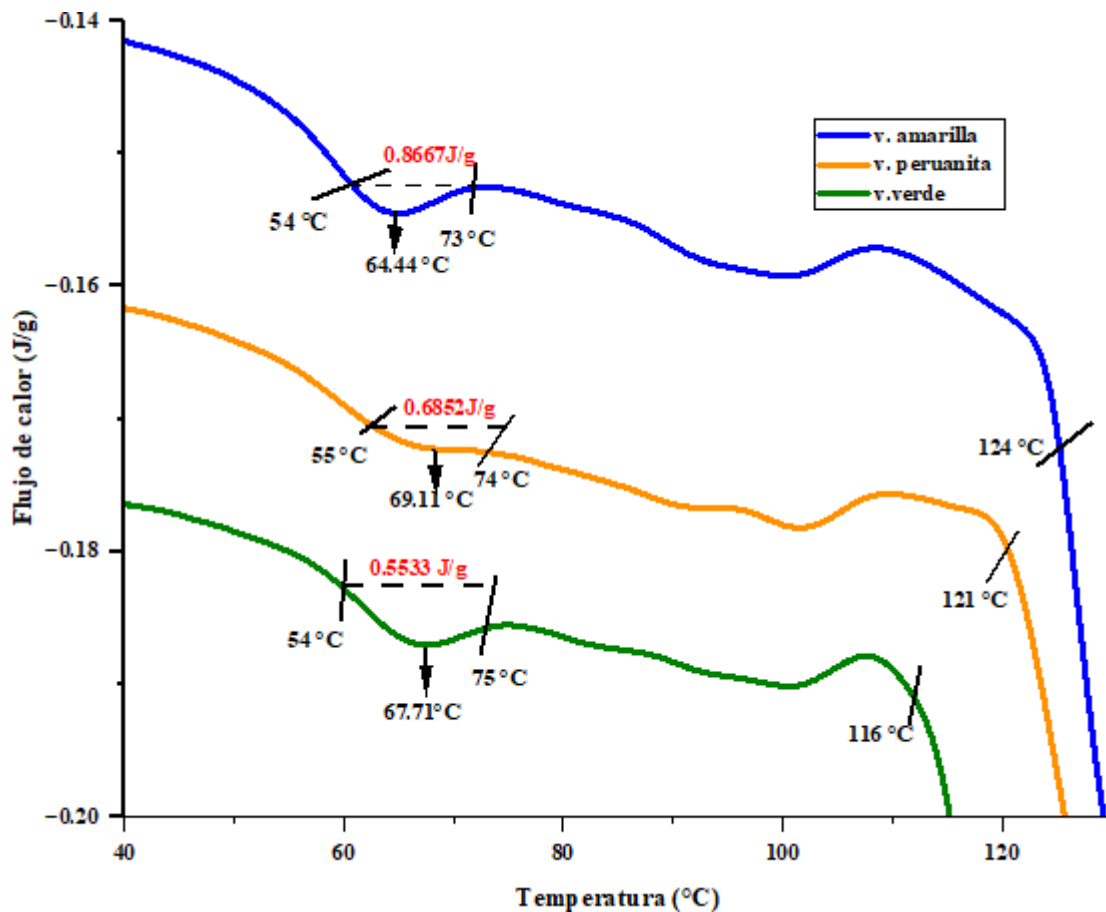


Tabla 11

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

| Harina de haba | T_i (°C) | T_p (°C) | T_f (°C) | ΔH (J/g) | C_p (J/g °C) | T_g (°C) |
|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------------|-------------------|---------------|
| Amarilla | 54 | 64.44 | 73 | 0.86 | 1.87 | 124 |
| Peruanita | 55 | 69.11 | 74 | 0.68 | 1.03 | 121 |
| Verde | 54 | 67.71 | 75 | 0.55 | 1.88 | 116 |

Nota: T_i : temperatura inicial, T_p : temperatura de pico, T_f : temperatura final, T_g : temperatura de transición vítrea, C_p : calor específico.

En la Tabla 11, se logra apreciar el resumen del análisis por calorimetría diferencial de barrido (DSC) de las muestras de harina de haba, siendo así que la variedad amarilla, presentó temperatura de gelatinización inicial de 54 °C, temperatura pico de 64.44 °C y temperatura final de 73 °C, por otro lado, el diferencial de entalpia fue de 0.86 (J/g) y calor específico de 1.87 J/g °C. Para la variedad peruanita la temperatura de gelatinización se dió a una temperatura inicial de 55°C, temperatura pico de 69.11 °C y temperatura final de 74 °C, teniendo como diferencial de entalpia de 0.68 (J/g) y calor específico de 1.03 (J/g °C). En el caso de la variedad Verde mostro una temperatura de gelatinización inicial de 54 °C, temperatura pico de 67.71 °C y temperatura final de 75 °C, con la diferencial de entalpia de 0.55 (J/g) y calor específico de 1.88 J/g °C. La temperatura inicial, indica el momento en el que las harinas hidratadas comienzan a formar geles, tras la ruptura de los enlaces puente hidrógeno, de tal modo que las harinas comienzan a expandirse por la interacción con agua y calor. El diferencial de entalpia nos da a conocer la diferencial de energía entre el inicio al final del proceso de gelatinización, teniendo valores positivos que indican que este proceso es endotérmico, debido a que las muestras absorben calor. Siendo la harina de variedad verde la que requiere menor cantidad de energía para el proceso de gelatinización. Para el calor específico la variedad verde ha requerido mayor cantidad de energía para aumentar la temperatura, mientras las variedades amarilla y peruanita ha requerido menor cantidad de energía para aumentar la temperatura para comenzar el proceso de gelatinización.

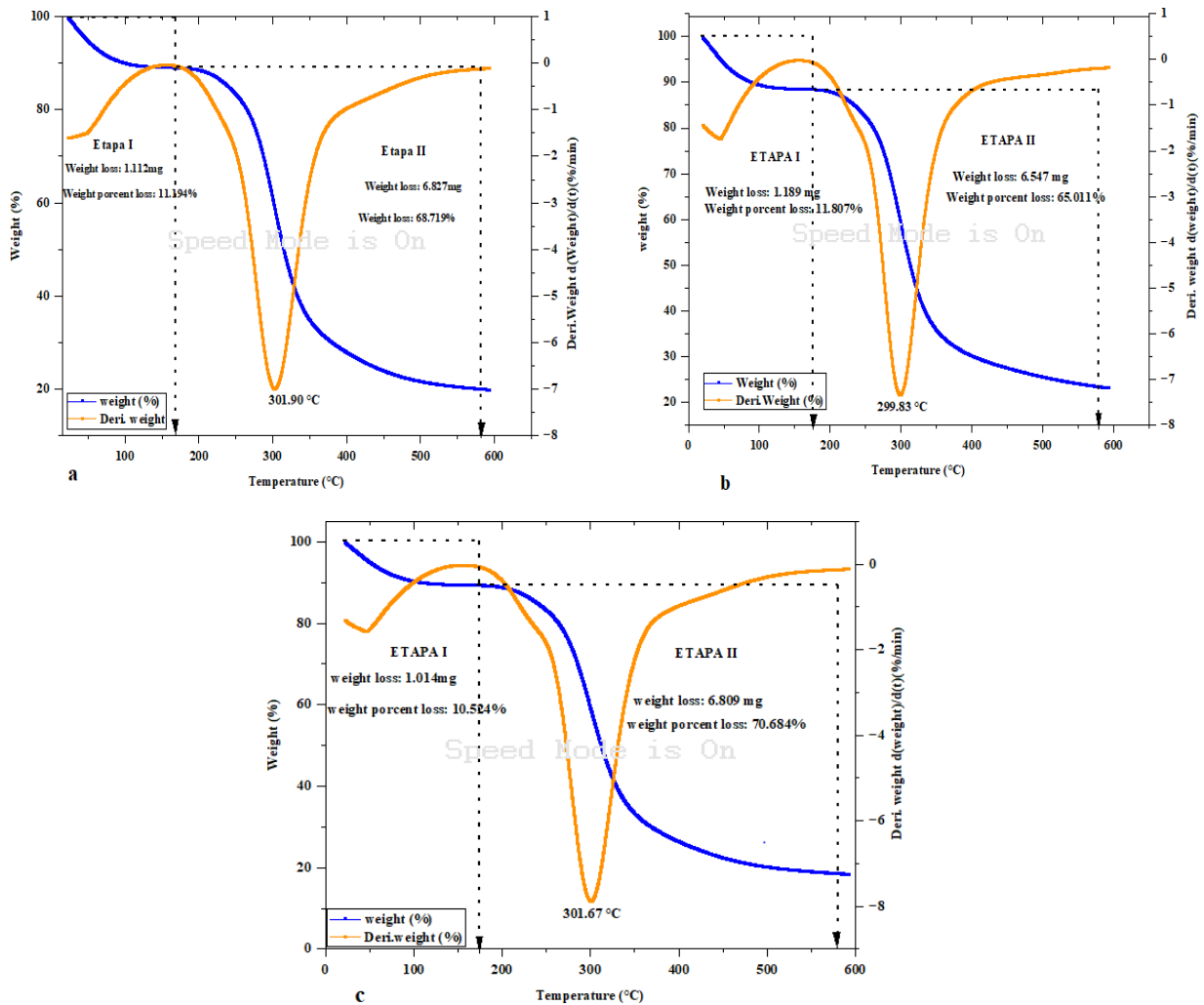
La temperatura de transición vítrea para las harinas de haba, para amarilla fue 124 °C, seguida con 121 °C para peruanita y verde con 116 °C, donde ocurre un proceso de cambio de

un estado gomoso a un estado rígido. Esto indica, las cadenas moleculares de las harinas comienzan a moverse, lo que permite que el material exhiba propiedades más elásticas.

5.4. Análisis gravimétrico en las harinas de haba

Figura 10

Termograma de las harinas de tres variedades de haba TGA/DTGA



Nota: en (a): variedad amarilla, (b): variedad peruanita (c): variedad verde

En la Figura 10 se muestra los resultados del análisis térmico en las harinas de haba en diferentes variedades. Para la variedad amarilla muestra en la Figura 10 (a) que la primera etapa con la evaporación de agua libre convirtiéndose en vapor a una temperatura de 189.74 °C con un 11.19%, donde se convierte de estado líquido a vapor. A una segunda etapa la descomposición de los carbohidratos, proteínas y grasas convirtiéndose en dióxido de carbono a una temperatura de 575.04 °C de 68.71% con un pico alrededor de 301.90 °C, quedando como residuo de 20.03%.

En la figura 10 (b) para la harina de la variedad peruanita se encontró dos etapas a una temperatura de 176.8 °C, se produjo la evaporación de agua libre convirtiéndose en vapor con 11.80%. Seguido por la segunda etapa con la descomposición de los carbohidratos, proteínas entre otros quedando como dióxido de carbono a una temperatura de 579.06 °C con un pico alrededor de 299.83 °C de 65.01%, quedando como residuo 20.43%.

El comportamiento térmico para la harina variedad verde donde muestra en la Figura 10 (C), donde presenta dos etapas que ocurre a una temperatura de 125.62 °C con la evaporación de agua libre convirtiéndose en vapor a 10.52% y la segunda etapa con la descomposición de los carbohidratos y proteínas quedando como dióxido de carbono a una temperatura de 555.73 °C con un pico alrededor de 301.67 °C de 70.68 %, quedando como residuo 19.79%.

Entre las tres variedades en estudio presentó la variedad verde la mayor descomposición de sus componentes con un 70.68% y un residuo de 19.79%, esto se debe que sus componentes son más volátiles en altas temperaturas. Mientras en las otras variedades en estudio demostró mayor resistencia a altas temperaturas.

5.5. Determinación de la composición proximal de las harinas de haba (*Vicia faba* L.)

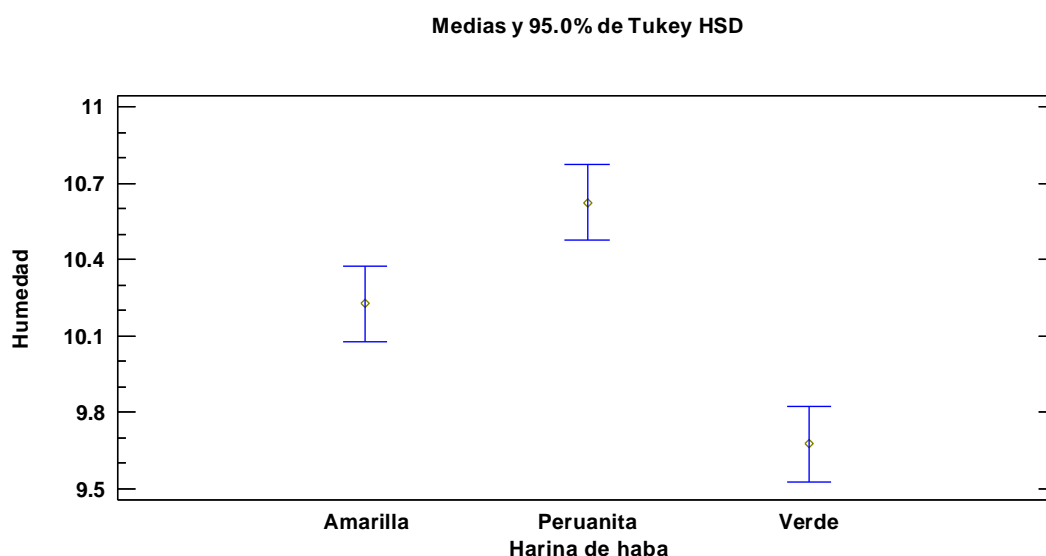
5.5.1. Contenido de humedad

En la Tabla 12 se muestra el resultado del contenido de humedad en las harinas de haba. En cuanto al contenido de humedad, se encontró que la variedad peruanita presentó el mayor valor (10.62 %), así mismo el menor valor es para la variedad verde con un contenido de humedad de (9.67 %), presentando diferencia significativa (p -valúe < 0.05), estos resultados también se muestran en la Figura 11, que las medias no se traslapan entre las muestras.

Tabla 12*Contenido de humedad en las harinas de haba*

| Harina de haba | Humedad | | | | Tukey |
|----------------|-----------|-------|------|--------|-------|
| | \bar{x} | \pm | s | CV (%) | |
| Amarilla | 10.23 | \pm | 0.06 | 0.60 | a |
| Peruanita | 10.62 | \pm | 0.12 | 1.14 | b |
| Verde | 9.68 | \pm | 0.15 | 1.58 | c |

Nota: Donde \bar{x} es la media, s: es la desviación estándar y CV es el coeficiente de variación, Tukey nos indica que existe una diferencia significativa entre las variedades.

Figura 11*Diagrama de medias para el % de humedad en las harinas de haba*

5.5.2. Contenido de proteínas

En la Tabla 13 se presentan los resultados del contenido de proteínas en las de harinas de haba. Se observa que la variedad peruanita tiene el mayor contenido de proteínas con un 18.97 %, seguida por verde de 18.51 %, finalmente la amarilla con 17.09 %. El análisis de varianza revela diferencias significativas (p -valor < 0.05), indicando que la variedad amarilla tiene el menor contenido de proteínas. Estos resultados también se reflejan en la Figura 12, de medias que existe diferencias significativas entre la variedad amarilla con las otras variedades en estudio.

Tabla 13

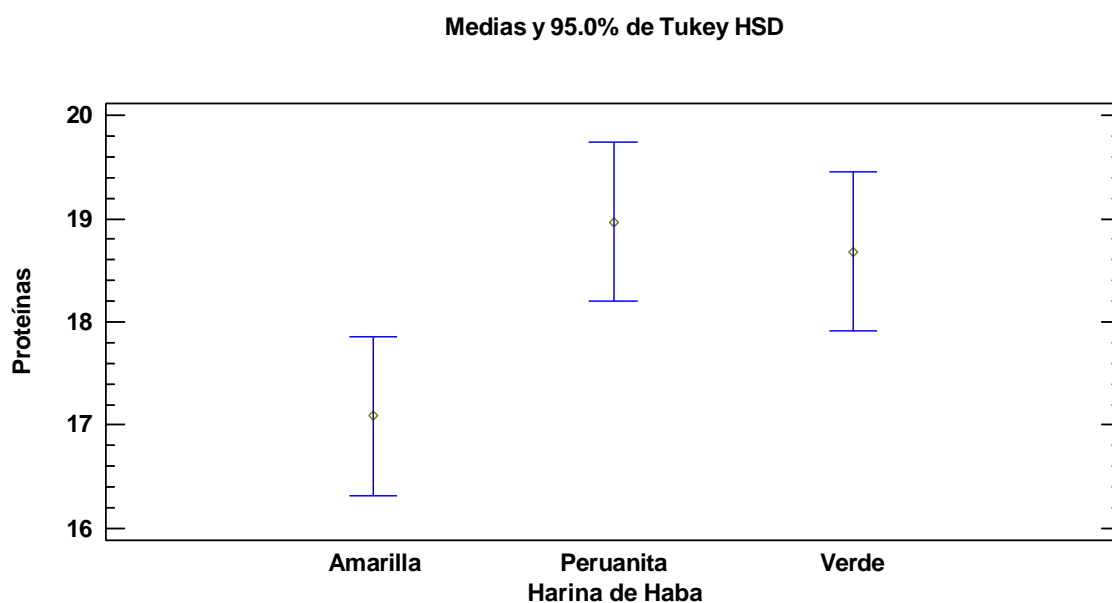
Contenido de proteínas en harinas de haba

| Harina de haba | Proteínas | | | | Tukey |
|----------------|-----------|-------|------|--------|-------|
| | \bar{x} | \pm | s | CV (%) | |
| Amarilla | 17.09 | \pm | 0.89 | 5.18 | a |
| Peruanita | 18.97 | \pm | 0.20 | 1.03 | b |
| Verde | 18.68 | \pm | 0.56 | 3.00 | b |

Nota: Donde \bar{x} es la media, s: es la desviación estándar y CV es el coeficiente de variación, Tukey nos indica que existe una diferencia significativa entre las variedades.

Figura 12

Diagrama de medias para proteínas en las harinas de haba



5.5.3. Contenido de grasa

En la Tabla 14 se presentan los resultados para las harinas de haba. Donde la variedad amarilla mostró mayor porcentaje de grasa con 1.96%, mientras que la verde tiene el menor porcentaje de 1.78%. El análisis estadístico muestra que no existe diferencias significativas en el contenido de grasa entre las variedades estudiadas (p -valor > 0.05), con desviación estándar de 0.20 a

0.89 Estos resultados también se ilustran en la Figura 13, que muestra las medias correspondientes.

Tabla 14

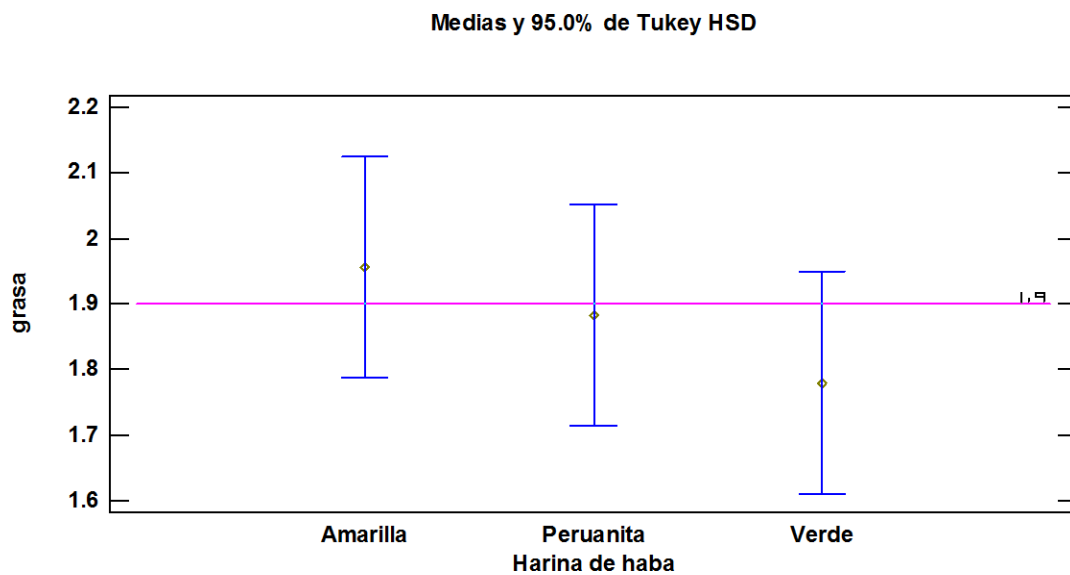
Contenido de grasa en las harinas de haba

| Harina de haba | Grasa | | | | Tukey |
|----------------|-----------|-------|------|--------|-------|
| | \bar{x} | \pm | s | CV (%) | |
| Amarilla | 1.96 | \pm | 0.02 | 0.78 | a |
| Peruanita | 1.88 | \pm | 0.14 | 7.63 | a |
| Verde | 1.78 | \pm | 0.18 | 10.30 | a |

Nota: Donde \bar{x} es la media, s: es la desviación estándar y CV: es el coeficiente de variación, Tukey nos indica no hay una diferencia significativa entre las variedades.

Figura 13

Diagrama de medias para la grasa en harina de haba



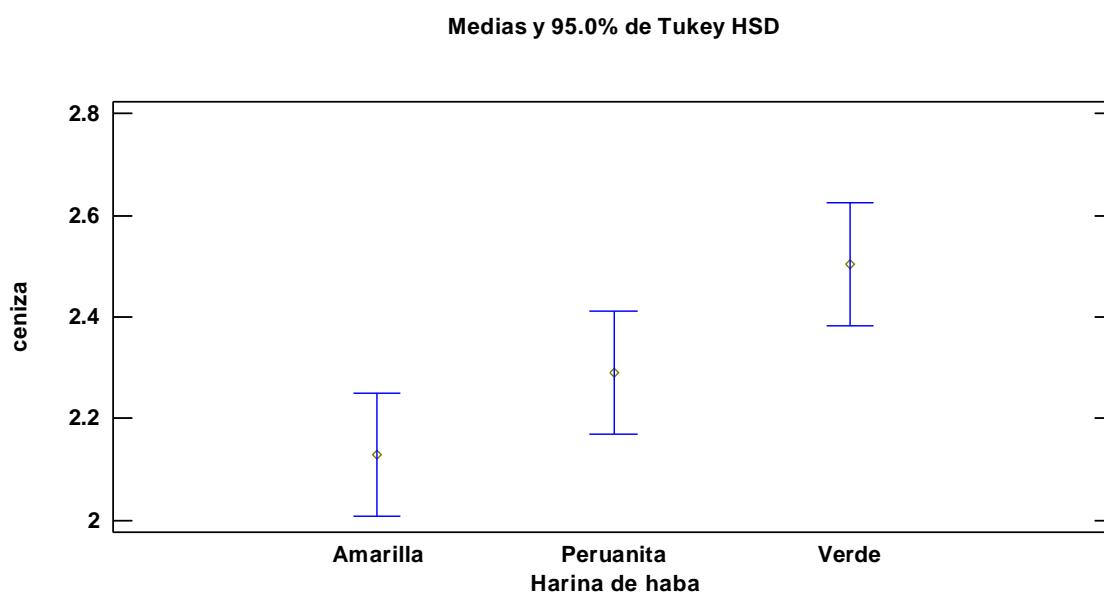
5.5.4. Contenido de ceniza en las harinas de haba

En la Tabla 15 se presentan los resultados del contenido de ceniza en las harinas de haba. Donde se observa que la variedad verde tiene un mayor contenido de ceniza de 2.50%, mientras que la variedad amarilla presenta el menor contenido de 2.13%. El análisis estadístico revela diferencias significativas entre las tres variedades en cuanto al porcentaje de ceniza (p-valor < 0.05). Estos resultados se muestran en la Figura 14 respectivamente.

Tabla 15*Contenido de ceniza en harinas de haba*

| Harina de haba | Ceniza | | | | Tukey |
|----------------|-----------|-------|------|--------|-------|
| | \bar{x} | \pm | s | CV (%) | |
| Amarilla | 2.13 | \pm | 0.09 | 4.30 | a |
| Peruanita | 2.29 | \pm | 0.08 | 3.49 | ab |
| Verde | 2.50 | \pm | 0.11 | 4.54 | b |

Nota: Donde \bar{x} es la media, s: es la desviación estándar y CV: es el coeficiente de variación. Tukey nos indica que existe una diferencia significativa entre las variedades.

Figura 14*Diagrama de medias para ceniza en harinas de haba*

5.5.5. Contenido de fibra

En la Tabla 16, se observó los resultados del contenido de fibra en las harinas de haba. La variedad peruanita presenta un mayor porcentaje de fibra con 0.55 %, mientras la amarilla de 0.46 % y un menor contenido de fibra la variedad verde de 0.11 % a diferencia de las dos variedades de harina. Mostrando diferencias significativas (p -valor < 0.05) donde se observa en la Figura 15.

Tabla 16

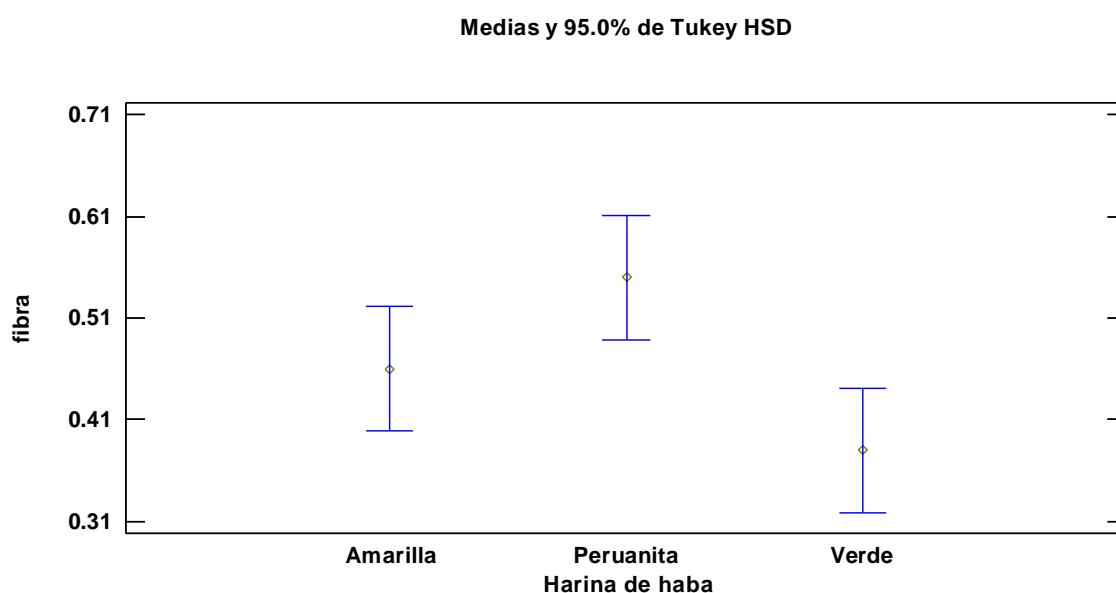
Contenido de fibra en harinas de haba

| Harinas de haba | Fibra | | | | Tukey |
|-----------------|-----------|-------|------|---------|-------|
| | \bar{x} | \pm | s | C.V (%) | |
| Amarilla | 0.46 | \pm | 0.05 | 10.87 | ab |
| Peruanita | 0.55 | \pm | 0.06 | 10.12 | b |
| Verde | 0.38 | \pm | 0.04 | 10.53 | a |

Nota: Donde \bar{x} es la media, s es la desviación estándar y CV es el coeficiente de variación, Tukey nos indica que existe una diferencia significativa entre las variedades.

Figura 15

Diagrama de medias para fibra en harinas de haba



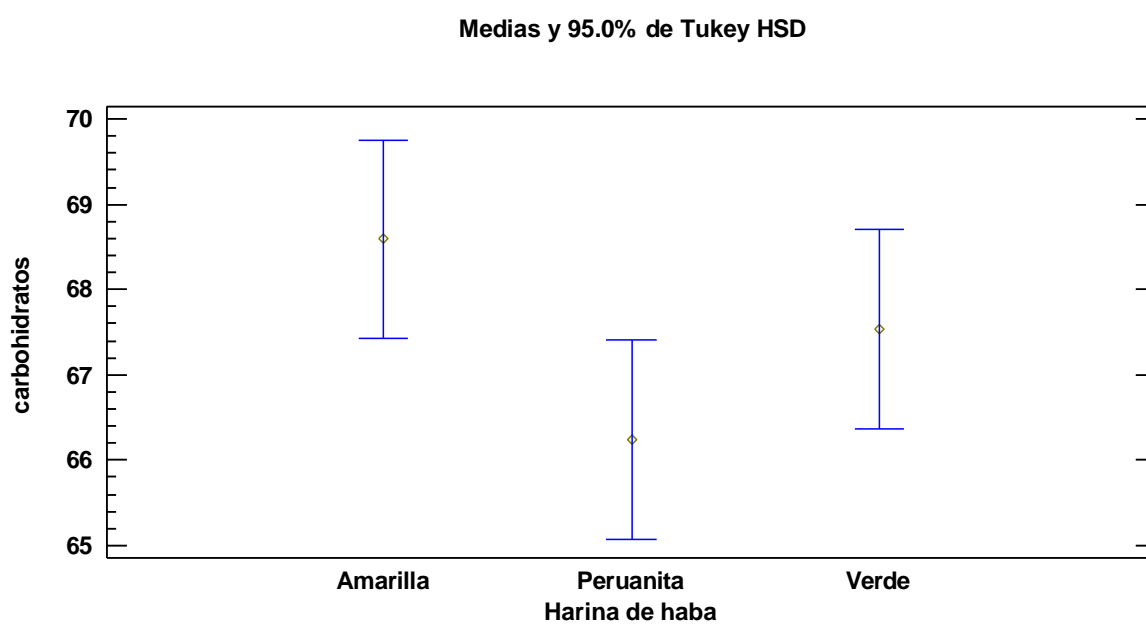
5.5.6. Contenido de carbohidratos

En la Tabla 17, se presentan el contenido de carbohidratos en las harinas de haba. Encontrándose un mayor contenido de carbohidratos en la variedad amarilla de 68.59 %, seguida por la variedad verde y peruanita, cuyos porcentajes son 66.24 % y 67.53 % respectivamente. De acuerdo el análisis estadístico se encontró diferencias significativas en las harinas de haba (p-valor < 0.05). Estos gráficos de medias de Tukey se muestran en la Figura 16.

Tabla 17*Contenido de carbohidratos en harinas de haba*

| Harina de haba | Carbohidratos | | | | Tukey |
|----------------|---------------|-------|------|--------|-------|
| | \bar{x} | \pm | s | CV (%) | |
| Amarilla | 68.59 | \pm | 1.12 | 1.63 | a |
| Peruanita | 66.24 | \pm | 0.76 | 1.14 | b |
| Verde | 67.53 | \pm | 0.89 | 1.31 | ab |

Nota: Donde \bar{x} es la media, s es la desviación estándar y CV es el coeficiente de variación, Tukey nos indica que existe una diferencia significativa entre las variedades.

Figura 16*Diagrama de medias para carbohidratos en harinas de haba*

CAPÍTULO VI: DISCUSIONES

6.1. Las propiedades estructurales mediante la técnica (FT-IR) en las harinas de haba

Analizando los espectros obtenidos para la harina de haba de las diferentes variedades, se observó que la transmitancia más alta en el rango de longitud de onda especificado se registró para la variedad amarilla y el valor de transmitancia más bajo se registró para la variedad peruanita. Según (Medhe et al., 2022) mostraron los picos 3100-3700 cm^{-1} en las harinas de frijol están relacionadas con la presencia del grupo hidroxilo (OH), lo que indica la presencia de agua en la harina de frijol, entre la banda de 2854 cm^{-1} , pertenecen estiramiento del CH_2 que se encuentran presentes en el grupo metileno de los polisacáridos. Además, las bandas de 1750-1550 cm^{-1} amida I y amida II de las proteínas, así mismo en la región de frecuencia más baja de 1200-900 cm^{-1} que corresponde a la presencia de carbohidrato. De igual forma (Ozan et al., 2022) estudiaron en las harinas de frijol y garbanzo donde identificaron en la banda en 1600 cm^{-1} está relacionada con la Amida I y la banda en 1500 cm^{-1} con la Amida II. Estas dos regiones son asociados con diferentes de modos de vibración aminoácidos de las proteínas. Sin embargo (Atudorei et al., 2021) presentaron espectros similares de 1200–800 cm^{-1} , hubo picos con altos valores de absorbancia en el caso de los garbanzos germinados durante 4 días, donde se observa claramente la longitud de onda entre 3000–2850 cm^{-1} , correspondiente a los compuestos lipídicos, el valor más alto de la absorbancia se registró para el garbanzo no germinado, y el valor disminuyó con un período de germinación más largo. Donde los picos del rango espectral 3050–2800 cm^{-1} se deben a los grupos CH_3 y CH_2 que están en la composición de hidrocarburos de los lípidos. También mencionaron la longitud de onda alrededor de 3000 cm^{-1} que corresponde a la vibración de los grupos $=\text{CH}$ de la composición de ácidos grasos. Los resultados obtenidos por los autores son similares a los datos encontrados en la investigación, los resultados encontrados en las harinas son importantes para la industria de panadería, la formulación de galletas y panes entre otros productos.

Existe una correlación significativa entre los resultados adquiridos en la presente investigación con los resultados mostrados por los autores.

6.2. Poder de hinchamiento en las harinas de haba (PH)

De acuerdo a los resultados encontrado el poder de hinchamiento de la harina de haba fue mayor para la variedad peruanita con 12.16 g/g y el menor valor la variedad amarilla de 11.29 g/g a una temperatura de 90 °C, mientras Bashir y Aggarwal. (2016) mostraron a

temperatura de 50 a 90°C un incremento en el poder de hinchamiento en las harinas de garbanzo de 1.68 a 10.57 g/g respectivamente. En la misma línea Yaw et al. (2020), reportaron un poder de hinchamiento en el rango de 6.80 a 11.36 g/g para gránulos de almidón de diferentes harinas de trigo, donde la prueba de hinchamiento mide la absorción de agua durante la gelatinización del almidón y cuanto mayor sea la absorción de agua, mayor será el poder de hinchamiento. Asimismo, Albarracín (2020), reporto los resultados similares en la harina de garbanzo, con un aumento de temperatura el poder de hinchamiento el valor 11.20 g/g para garbanzo integral y 12.65 (g/g) garbanzo descascarado, atribuyendo los valores a la presencia de almidón, que dificulta la hinchazón de los gránulos. Por otro lado, Ratnawati et al. (2019), reporto datos similares en el poder de hinchamiento en harina de soja, frijol mungo y frijol rojo, que fue de 4.82 y 10.09 esto indica el comportamiento que se asocia con el poder de hinchamiento puede asegurar que los enlaces de hidrógeno no se rompan fácilmente con el agua. Comprobando los resultados, se evidencia que la harina de haba peruanita presenta una temperatura de gelatinización intermedia entre la harina peruanita y amarilla. Esto sugiere que la harina peruanita mantiene un equilibrio en la estructura de su almidón, proporcionando una combinación óptima que facilita la gelatinización y estabilidad estructural durante la cocción.

6.3. Índice de Solubilidad de la harina de haba (IS)

De acuerdo a los hallazgos encontrados en las harinas de haba, para el índice de solubilidad donde se encontró mayor valor a una temperatura de 90° C con 38.78% en la variedad amarilla y 40.91% para la peruanita. Donde Du et al. (2014) reportaron en las diferentes leguminosas como frijol pinto (19.44%), haba (29.14%), frijol rojo pequeño (22.15%), frijol rojo (21.69%), frijol negro (20.97%), frijol de ojo negro (25.04%), frijol mungo (20.76%), lenteja (26.15%) y garbanzo (24.08 %) a temperatura de 50 °C, los resultados obtenidos por estos autores son similares, en el cual se observaron que el valor más alto es en lenteja y el valor bajo es en el frijol pinto que tienen complejos de amilosa, lípido, proteína y almidones, que presentan la misma tendencia las harinas de haba. También Kumar et al. (2022), reportaron en la harina de haba cruda un índice de solubilidad en agua (2,12 g/ 100 g), debido a que los gránulos de almidón de las harinas crudas eran lisos, ovalados y de estructura granular, mientras que las harinas remojadas, germinadas y cocidas mostraban gránulos de almidón dañados. Estos resultados fueron muy similares a los datos obtenidos en esta investigación. Mostrando mejor resulta la variedad peruanita esta variedad es conocida por su alto contenido proteico y su buena solubilidad, lo que la convierte en un ingrediente valioso en varios

productos alimentarios. Esta harina puede emplearse como una alternativa a las harinas de trigo en productos sin gluten, como panes y pasteles, brindando una textura y sabor únicos.

6.4. Capacidad de absorción de agua de la harina de haba (CAA)

En cuanto a los resultados encontrados en el estudio, la capacidad de absorción de agua para la variedad peruanita fue mayor a 7.18 g/g a una temperatura de 90°C, obteniendo un 6.76 g/g en la variedad verde a la misma temperatura. De acuerdo a los resultados reportados por Aguilera et al. (2011) mostraron que la capacidad de absorción de agua en harinas de frijol canelini fue 3.50 g/g, para frijol pinto crudo 2.70 (g/g), siendo estos valores similares a las harinas estudiadas en el presente estudio. Mientras, Du et al. (2014) reportaron los resultados para la capacidad de absorción de agua, en las variedades de frijol pinto (1.87g/g), haba (1.17g/g), frijol rojo pequeño (1.67g/g), frijol rojo (1.61g/g), frijol negro (1.39g/g), frijol de ojo negro (1.12g/g), frijol mungo (1.22g/g), lenteja (1.33g/g) y garbanzo (1.19g/g), valores que son menores en comparación con otros tipos de harina de leguminosas. En el estudio mostro el mejor resultado la variedad Peruanita, mostrando una excelente capacidad de absorción de agua, lo que la hace especialmente útil para mejorar la textura y la humedad en productos horneados y otros alimentos que pueden ser usar en las bebidas instantáneas y galletas.

6.5. Capacidad de emulsificante en las tres variedades de harina.

En la Tabla 10 se presenta la capacidad emulsificante (CE) de las harinas de las tres variedades de haba estudiadas, donde se encontró que no existe diferencias significativas, obteniendo valores de 48.15 % para la variedad peruanita y un valor menor de 46.04% en la variedad verde. Según Du et al. (2014), reportó 92.20 % para la harina de frijol rojo, mientras un 65.75% en la harina de lenteja y un 61.15% en harina de garbanzo. Finalmente, Badia et al, (2023) reporto el mejor resultado en las harinas de garbanzo a 51.4 %, lenteja a 46.2%, lenteja roja con un 49.7% y frijol blanco a un 47.7%. Estos resultados guardan coherencia con los valores obtenidos en las harinas de haba, además, las proteínas ayudan a tener mejor capacidad emulsificante. La variedad peruanita demostró mejores propiedades de capacidad emulsificante en este estudio, lo que sugiere que su uso en la industria alimentaria es beneficioso. Una alta capacidad emulsionante no solo mejora la estabilidad y calidad de los productos alimenticios, sino que también puede ofrecer beneficios significativos para la salud y la eficiencia en la industria alimentaria.

6.6. Temperatura de gelatinización, entalpia, transición vítrea y Calor específico

En la Tabla 11 se muestra termogramas donde se observa la temperatura de gelatinización, variación de entalpia y calor específico. Donde la variedad amarilla mostró la temperatura de gelatinización inicial de 54 °C, temperatura pico de 64.44 °C y temperatura final de 73 °C, por otro lado, el diferencial de entalpia fue de 0.86 (J/g) y calor específico de 1.87 J/g °C. Para la variedad peruanita la temperatura de gelatinización se dió a una temperatura inicial de 55°C, temperatura pico de 69.11 °C y temperatura final de 74 °C, teniendo como diferencial de entalpia de 0.68 (J/g) y calor específico de 1.03 (J/g °C). En el caso de la variedad Verde mostro una temperatura de gelatinización inicial de 54 °C, temperatura pico de 67.71 °C y temperatura final de 75 °C, con la diferencial de entalpia de 0.55 (J/g) y calor específico de 1.88 J/g °C. mientras Mengozzi et al, (2024) mostraron resultados para la harina de haba a una T_i y T_f de 59.56 a 80.74 °C, para la T_p de 74.12 °C de la misma forma para la harina de garbanzo con una T_i y T_f de 60.22 y 83.99 °C, donde T_p de 77.32 °C, en la cual ocurre un proceso endotérmico que se asocia a la desnaturalización de proteínas de la leguminosa. En cuanto a la entalpia para la harina de haba reportaron 0.91 a 0.78 J/g, y en la harina de garbanzo de 1.52 y 0.96 J/g, esto indica que existe una diferencia significativa ($p < 0,05$) además, presentan mayores proteínas desplegadas las harinas de garbanzo en comparación a la harina de haba. Así mismo, Quintero et al, (2012) mostraron para la harina de chachafruto una temperatura inicial de gelatinización de 61.95°C, T_p a 70.7°C y la T_f de 79.1°C y una entalpía de 0.814 J/g. de la misma forma, Bressi et al, (2017) mencionaron para la harina de garbanzo a una temperatura de pico de 73.1 °C y entalpia a 0.37 J/g que son cercanos a los resultados mostrados en la investigación. La variación en la entalpía de gelatinización de la harina de haba puede ser atribuida a varios factores, como el origen específico del haba, el método de procesamiento de las harinas y la composición particular del grano. El origen del haba puede influir en el volumen y calidad de los elementos del almidón, mientras que el procesamiento puede afectar la estructura del almidón y la presencia de otros compuestos. La composición esta leguminosa, que incluye proteínas, lípidos, también desempeñan un papel fundamental en determinar la entalpía de gelatinización, ya que estos factores influyen en la capacidad del almidón para absorber calor y en su comportamiento durante la gelatinización.

Además, Salcedo et al. (2018) reportaron la transición vítrea (T_g) para la harina de amaranto de 117.9 a 120.4 °C y para la harina de chíca 118,5 a 121,3 °C, donde la harina de haba mostro resultados muy cercanos. En cuanto a, Morales y Kokini, (1997) reportaron resultados muy cercanos a las harinas de haba mostrando la temperatura de transición vítrea

(Tg) valores de 114 °C dentro de un rango de contenido de humedad de 0 a 35%, del mismo modo mostró valores de Tg a 160 °C dentro de un rango de contenido de humedad del 0 al 40%. Estos resultados mencionados por los autores son muy similares a los determinados en el presente estudio, esto se debe a que las harinas tienen la misma composición química, también mencionar que la temperatura de transición vítrea está relacionada con la humedad y el peso molecular. Así mismo, Pineda et al. (2011) reportó picos endotérmicos en la curva del flujo total de calor en la harina de maíz, con una temperatura de pico de 70.95 °C y la entalpía calculada de 1.429 J/g, lo cual indica que predomina un proceso que depende de la temperatura y el tiempo y no de la capacidad calorífica del material, es decir es un proceso cinético. Finalmente, (Romero et al, 2015) encontraron resultados para la capacidad calorífica en las harinas de quinua, kiwicha y cañehua a una temperatura de 50 y 60 °C y calor específico aproximado de 1,8 J/g °C, siendo en la quinua ligeramente más pronunciado. La estabilidad térmica observada a altas temperaturas sugiere que las harinas de las leguminosas, aunque con datos aún limitados, pueden presentar características únicas que son importantes para su aplicación en diversos procesos industriales. Es fundamental continuar con la investigación para comprender mejor estas propiedades y optimizar la aplicación de estas harinas para la industria alimentaria.

6.7. Análisis termogravimétrico en las harinas de haba

El análisis térmico en las harinas de haba tuvo dos etapas de descomposición, en la primera etapa con la evaporación de agua libre, en la segunda etapa se encontró la descomposición de carbohidratos, lípidos, proteínas y compuestos orgánicos, donde la variedad verde mostró la evaporación de agua en la primera etapa con 10.52% a una temperatura de 125.62 °C y la más alta a una temperatura de 555.73 °C con un 70.68%. Según Montoya et al. (2014), reportaron los resultados de pérdida de masa para diferentes tipos de harina: trigo, chachafruto y quinua. En cuanto a la harina de trigo, se observó una pérdida de 9.52% entre las temperaturas de 100 y 200 °C, principalmente debido a la eliminación de humedad. Mientras que la harina de chachafruto tuvo una pérdida de 7.84% y 50.88% en rangos de temperatura de 25 a 121.06 °C y 121.06 a 371.58 °C respectivamente, seguidas de una pérdida del 32.1% entre 371.58 y 544.83 °C, con un residuo final del 8.3%, estos reportes relativamente son cercanos con los datos encontrados en el presente estudio. Además, Huaraca et al. (2022), reportaron que la harina de quinua de la variedad, la H.Q. Blanca Junín registró una pérdida de 67.33% entre las temperaturas de 200 °C y 400 °C, superior a las otras variedades y en la zona 3 (400 a 600 °C),

todas las variedades de harina de quinua mostraron pérdidas de masa entre 6.31% y 7.05%. Estos resultados encontrados en los estudios muestran una similitud en la pérdida de masa en las diferentes fases o etapas. En comparación, las variedades de harina de haba estudiadas mostraron una pérdida de masa en rangos de temperatura y porcentajes diferentes. La harina peruana tuvo una pérdida de masa más baja y una mayor estabilidad térmica en este rango de temperaturas, lo que sugiere una mayor resistencia a la descomposición térmica en comparación a las variedades de estudio.

6.8. Composición proximal de las harinas de tres variedades de haba (*Vicia faba* L.)

6.8.1. Contenido de humedad

En cuanto a la humedad de la harina de haba, se encontró un porcentaje de humedad diferente para cada variedad, encontrándose una humedad más baja para la variedad verde de 9.68% y el valor más alto para la variedad peruana con un 10.62%. Según Leyva (2015) reportó el % de humedad para la harina de haba de 9.19%; mientras Huaman, (2019) encontró los valores de humedad de 10.23% en la harina de haba variedad amarilla; en cuanto a Gallegos G. & Polo Ch. (2013) encontraron valores de humedad en la harina de haba con un 10.5 - 13.3 %, harina de garbanzo con 9.4-11.9%, harina de arveja fue de 11.5-14.2%, harina de maní 5.9-7.7%, harina de lenteja 11.8-12.5% y harina de soya a 8.0-12.9%. Finalmente, Bashir y Aggarwal. (2016), reportó el % de humedad de 8.75 -8.93 % en harina de garbanzo. De acuerdo a la comparación con los estudios reportados la humedad en las tres variedades de harina de haba estudiadas es similares con los resultados mostrados por los autores. Que ayuda a mejorar la textura y el sabor de los productos horneados porque la harina con un nivel de humedad demasiado bajo puede resultar en productos secos, mientras que un nivel muy alto puede provocar una textura gomosa. Mientras con el contenido de humedad equilibrado contribuye a la estabilidad del producto y prolonga su vida al prevenir el crecimiento de microorganismos.

6.8.2. Contenido de proteínas

El contenido de proteínas en las harinas de haba presenta mínimas diferencias para cada variedad en estudio, encontrándose el % de proteínas más baja para la variedad amarilla con un 17.09% y para la variedad peruana un valor más alto de 18.67%. En cuanto a los reportes encontrados de acuerdo a Gomez & Lopez, (2020) para la harina de haba con 24,3% de proteína, asimismo, Huaman (2019), encontró los valores de proteína de 24.00% en la variedad de haba amarilla. Mientras que el reporte de Bashir y Aggarwal, (2016) indica el % de proteína

de 21.75 a 22.30% en harina de garbanzo. Los resultados obtenidos en la presente investigación difieren con los valores reportados de los distintos autores. Por lo tanto, estos resultados sugieren que las harinas de haba, especialmente las variedades en estudio, podrían ser adecuadas para la elaboración de panes y galletas en panificación.

6.8.3. *Contenido de grasa*

El contenido de grasa en las muestras estudiadas, se encontró menor valor para la variedad verde con 1.78%, para la variedad amarilla de 1.96%. Donde Huaman, (2019) reporto un contenido de grasas de 1.80% en la harina de haba variedad amarilla, asimismo Gomez y Lopez, (2020) encontró 1.9 % para la harina de haba. Por ultimo Bashir y Aggarwal, (2016) reportaron el % de grasa de un 3,5 a 4 % en harina de garbanzo, por lo que, las diferencias en el contenido de grasas entre las variedades de haba pueden atribuirse a factores genéticos y ambientales, como el perfil lipídico de cada variedad, las condiciones de cultivo y el procesamiento de las semillas, estos resultados se asemejan con los valores obtenidos en el estudio.

6.8.4. *Contenido de ceniza*

El contenido de ceniza en las harinas de haba no muestra diferencias significativas, sin embargo, para la variedad amarilla se encontró un valor más bajo de 2.13 % y el valor más alto en la variedad verde con un 2.50%. Según Huaman, (2019) reporto el contenido de ceniza de 3.35% en la harina de haba variedad amarilla. Por otro lado Bashir y Aggarwal, (2016) mostraron el % cenizas de 3.20 a 3.30% en harina de garbanzo. Estos resultados difieren con los datos obtenidos en el estudio.

6.8.5. *Contenido de fibra*

El porcentaje de fibra en las harinas de haba muestra que existe diferencias significativas entre las variedades, siendo la variedad peruanita más alta con 0.55 % de fibra. Donde Gomez & Lopez, (2020) mostraron valores de 4.4% en la harina de haba, mientras Huaman, (2019) encontró el porcentaje de fibra 4.40% en la harina de haba variedad amarilla. Por otro lado Bashir y Aggarwal, (2016) indica el % de fibra de 2.24 a 2.46% en harina de garbanzo. Estos valores reportados por los autores difieren ampliamente con los resultados encontrados en el estudio.

6.8.6. *Contenido de carbohidratos*

El contenido de carbohidratos encontrados en el estudio muestra diferencias significativas entre las variedades, donde la variedad amarilla presento un alto contenido de carbohidratos con 68.59 %, mientras la variedad peruanita reporto el resultado más bajo de un 66.24%. según Gomez & Lopez, (2020) mostro el porcentaje de carbohidratos de 59.6% para la harina de haba; asimismo, Bashir & Aggarwal, (2016), reportaron el contenido de carbohidratos de 58.66 a 59.97% en harina de garbanzo; mientras que Huaman, (2019) reportó un valor inferior de 55.22% de carbohidratos en la harina de haba variedad amarilla. Donde estos resultados mostrados por los autores son muy similares o cercanos al estudio realizado.

6.9. Evaluación de las propiedades estudiadas en la investigación

Se evaluaron las propiedades como el poder de hinchamiento, índice de solubilidad y capacidad de absorción de agua, para el comportamiento térmico donde se trabajó en dos etapas, la evaporación de agua y descomposición de sus componentes. Para el caso de la composición proximal se determinó el contenido de humedad, proteínas, grasas, ceniza, fibra y carbohidratos.

Tabla 18*Evaluación de las propiedades en estudio en las harinas de haba*

| Variedades de la harina de haba | Propiedades tecnofuncionales | | | | Comportamiento térmico | | | | | Composición proximal (%) | | | | | |
|---------------------------------|------------------------------|-----------|-----------|--------|------------------------|------------------|-------------|---------|-----------------------------------|--------------------------|-------|------|------|------|-------|
| | | | | | DSC | | | | TGA | | | | | | |
| | PH (g de gel/g) | IS (%) | CAA (g/g) | CE (%) | TG (° C) | ΔH (j/g) | Cp (J/g °C) | Tg (°C) | Temperatura de descomposición (%) | H | P | G | C | F | CAR |
| Amarilla | 6.14 | 34.4 2 | 5.44 | 46.71 | 64.44 | 0.86 | 1.87 | 124 | 68.71 | 10.23 | 17.09 | 1.96 | 2.13 | 0.46 | 68.59 |
| Peruanita | 8.56 | 36.3 5 | 5.34 | 48.15 | 69.11 | 0.68 | 1.03 | 121 | 65.11 | 10.62 | 18.97 | 1.88 | 2.29 | 0.55 | 66.24 |
| Verde | 7.26 | 34.0 6 | 4.68 | 46.04 | 67.71 | 0.55 | 1.88 | 116 | 70.68 | 9.68 | 18.68 | 1.78 | 2.50 | 0.38 | 67.53 |

Nota: PH: poder de hinchamiento, IS: índice de solubilidad, CAA: capacidad de absorción de agua, CE: capacidad emulsionante, TG: temperatura de gelatinización, ΔH : variación de temperatura Cp: calor específico Tg: temperatura de transición vítrea H: humedad, P: proteínas, G: grasa, C: cenizas, F: fibra y CAR: carbohidratos

Poder de hinchamiento: Según el (Bashir y Aggarwil, 2016), mencionaron para la harina de garbanzo de 1.68 a 1.57 g de gel /g dentro de las temperaturas de 50 a 90 °C en ese sentido los resultados reportados en el estudio se encontraron dentro del rango mencionado donde se observó que la variedad peruanita presentó mejores valores en poder de hinchamiento.

Índice de solubilidad: mencionó (Du et al. 2014), en la harina de haba a 29.14%, mientras que en el estudio se encontró el índice de solubilidad desde los 34.06 a 36.35% esta variación de los datos se debe a la procedencia de las muestras de donde fueron obtenidos por que influye los factores climatológicos entre otros.

Capacidad emulsificante: según Badia et al. (2014), reporto en la harina de lenteja con 46.2% y frijol blanco de 47.7%. estos resultados guardan relación con los datos obtenidos en el estudio.

En el estudio de las propiedades tecnofuncionales la variedad peruanita presento un mejor resultado y se recomendaría para la preparación de producto como las galletas y panes en la industria alimentaria.

Temperatura de gelatinización: según Mengozzi et al. (2024), reportaron en la harina de haba a una temperatura de 74.12 °C logrando la gelatinización y la entalpia de 0.91 a 0.78 J/g, mientras Salcedo et al. (2017), mencionaron para la transición vítrea un valor de 114 °C y para el calor específico Romero et al. (2015), un valor de 1.8 J/g °C. mientras los resultados reportados en el estudio tienen una semejanza con los datos encontrados. Por último, la temperatura de descomposición se encontró una desnaturalización en la harina de quinua pasankalla mencionado por (Huaraca et al, 2022).

En la descomposición de material presento la variedad amarilla donde reportó mejores resultados y se recomendaría para la preparación de producto como las galletas en la industria alimentaria.

Composición proximal en las harinas de haba: En el contenido de humedad Leyva (2015) reporto para la harina de haba de 9.19%, mencionar que los resultados encontrados en el estudio son muy similares, mientras para las proteínas (Gomez y Lopez, 2020) en la harina de haba reportaron 24.3%, para el contenido de grasa también (Huaman ,2019), reporto de 1.80% y Gómez y Lopez (2020), encontraron de 1.90% en la harina de haba. Para el caso de la ceniza (Huamán, 2019) reportó 3.35% por otro lado el contenido de fibra encontró Bashir y Aggarwal, (2016) el contenido de fibra de 2.24% en la harina de garbanzo. Por último, el contenido de carbohidratos (Huaman, 2019) encontró 55.22% en la harina de haba.

Mientras en este estudio la variedad peruanita es el que reportó mejores resultados y que sería recomendado para la preparación de producto como las galletas y panes en la industria alimentaria.

Codex Alimentarius: Código de prácticas generales para la higiene de los alimentos:

Menciona requisitos aplicables a la harina en términos de seguridad alimentaria. Estas normas técnicas aseguran que la harina cumpla con los estándares de calidad y seguridad necesarios para su uso en la producción de alimentos. Implementar estas directrices es crucial para garantizar la integridad del producto final y su adecuación para el consumo.

Contenido de Humedad: Las normas establecen límites máximos para el contenido de humedad en la harina para evitar problemas de almacenamiento, como el crecimiento de moho. Por ejemplo, una norma puede especificar que la harina debe tener un contenido de humedad inferior al 14%.

Contenido de Proteínas: Se definen los niveles aceptables de proteínas, que son cruciales para las propiedades de la harina en la panificación y otros procesos. Las normas pueden especificar rangos de proteínas dependiendo del tipo de harina (p. ej., harina de pan, harina para repostería).

Contenido de Cenizas: Las normas establecen límites para el contenido de cenizas, que es un indicador de la cantidad de minerales en la harina. Un contenido alto puede indicar la presencia de cáscaras o impurezas.

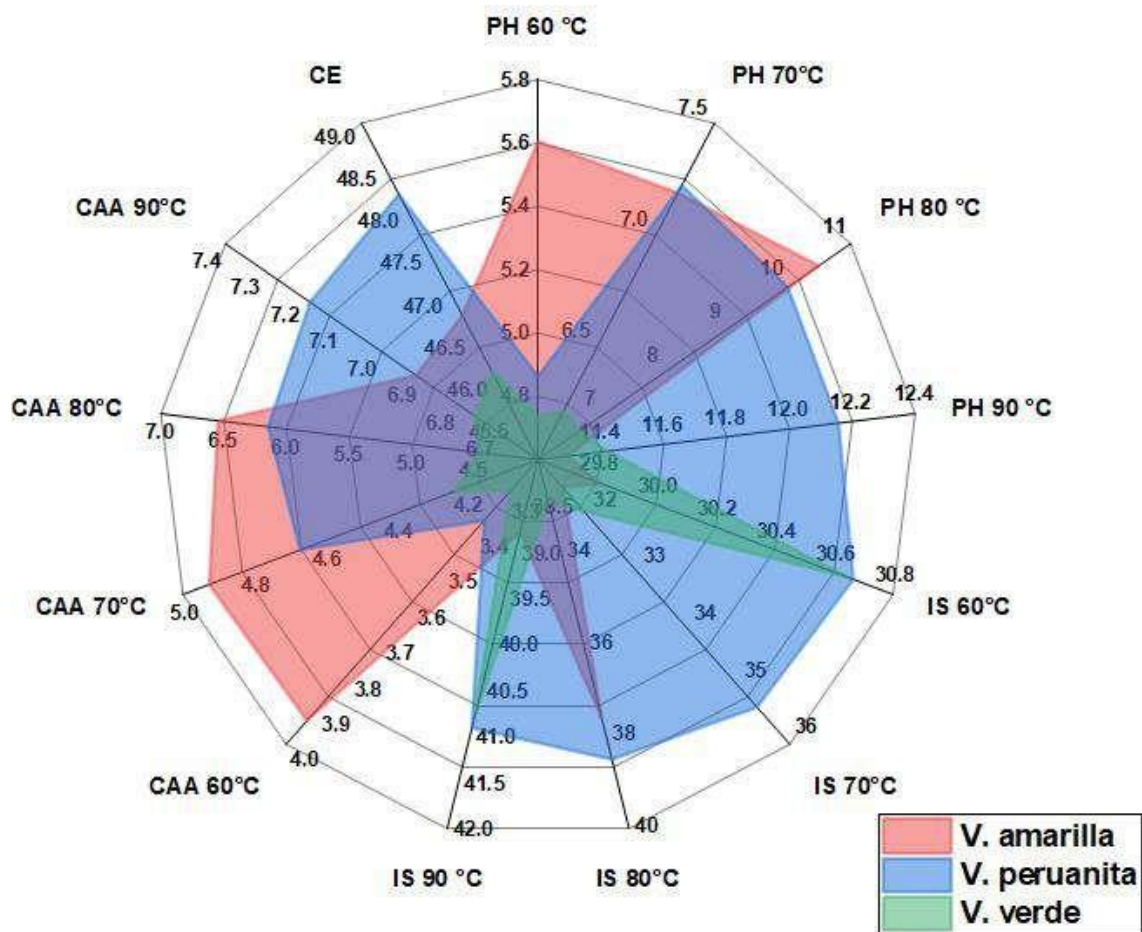
6.10. Diagrama de radar en las harinas

6.10.1. Diagrama de radar para las propiedades tecnofuncionales

En la Figura 17, se presenta la gráfica de radar donde se muestra las características de las muestras en las harinas de haba. En cuanto al poder de hinchamiento la variedad amarilla fue superior en las temperaturas de 60 a 80°C, mientras la variedad peruanita a 90 °C fue superior a las dos variedades en estudio. Para el índice de solubilidad el valor más alto se reportó para la variedad peruanita con una temperatura de 90 °C, pero las variedades amarilla y verde presentaron menor valor, de la misma forma la CAA es evidente que la variedad amarilla fue superior en las temperaturas de 60 a 80 °C, mientras la variedad peruanita reporto el mayor valor a una temperatura de 90 °C.

Figura 17

Diagrama de radar para las propiedades tecnofuncionales en la harina de haba

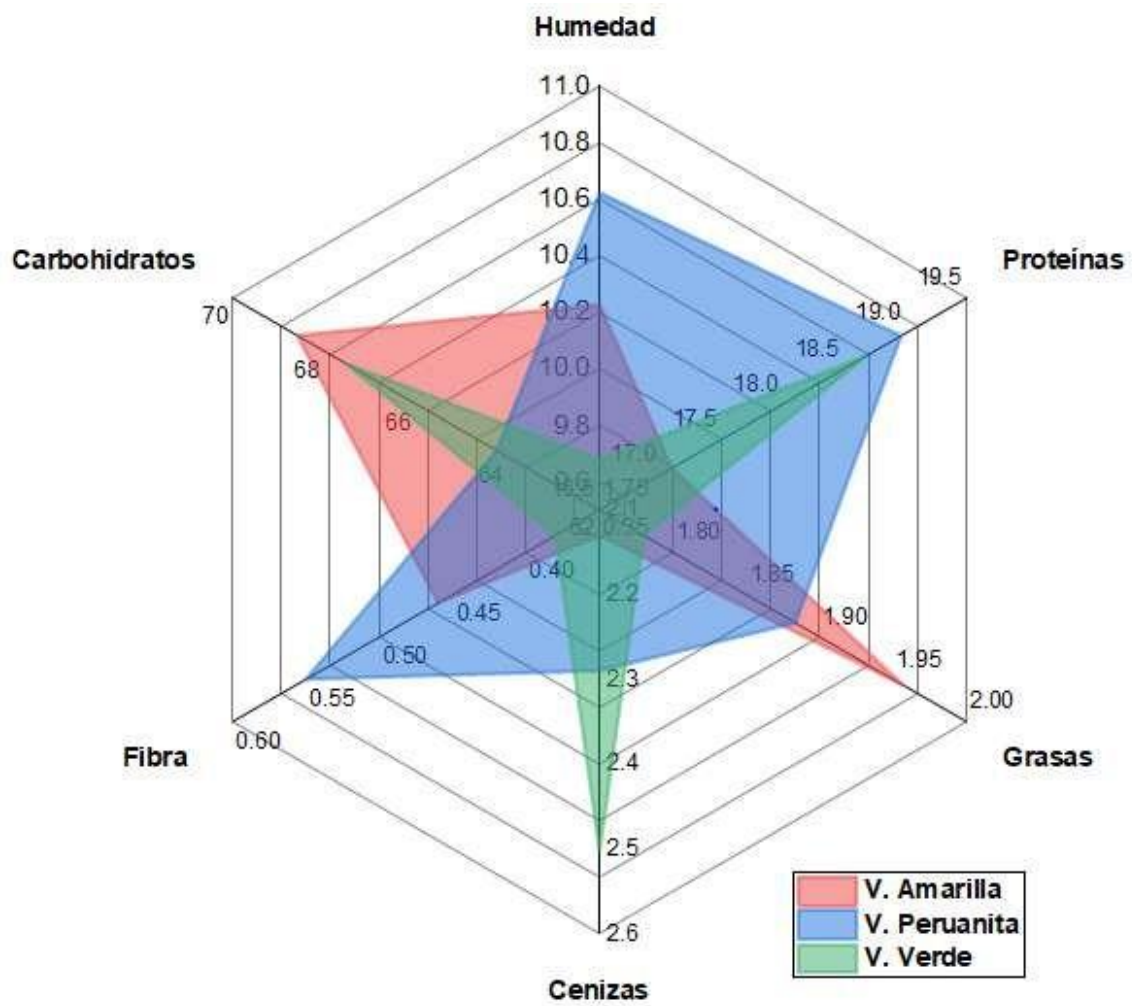


6.10.2. Diagrama de radar para la composición proximal de las harinas

En la Figura 18 muestra la composición proximal en las harinas de haba, donde la variedad peruanita mostro mejores resultados en comparación a las harinas amarilla y verde. En ese sentido, como señala (Huaman, 2019), que las harinas de haba son distintas de diferentes orígenes y variedades de un mismo producto cambian de acuerdo a la procedencia del lugar en las que fueron cultivadas.

Figura 18

Diagrama de radar en composición proximal en harinas de haba



CAPÍTULO VII: CONCLUSIÓN

- Se logró evaluar las propiedades estructurales, tecnofuncionales, comportamiento térmico y composición proximal en las tres variedades de harina de haba.
- Se determinó las propiedades estructurales de las tres variedades de harina de haba, donde se observaron variación en la intensidad de los picos de grupos funcionales como hidroxilo, triglicérido y aminas, lo que es esencial para elegir la harina adecuada para distintas formulaciones y optimizar la textura, estabilidad y sabor de los productos alimenticios.
- ❖ Se logró determinar las propiedades tecnofuncionales en harina de haba, que las hace aptas para su uso en una amplia gama de aplicaciones alimentarias. Su capacidad de absorción de agua, poder de hinchamiento y capacidad emulsificante. La variedad peruanita mostró alto en la solubilidad, ideal para las aplicaciones que requieren buena disolución, lo que la hace adecuada para procesos que necesitan una excelente absorción, expansión durante el procesamiento y estabilidad en emulsión.
- Se determinó el comportamiento térmico, como la temperatura de gelatinización, variación de entalpia, transición vítrea, calor específico y la temperatura de descomposición en tres variedades de harina de haba: la peruanita presento la temperatura de pico más alta y una entalpia menor, mientras que la amarilla mostro una temperatura de transición vítrea más elevada. Además, la verde tuvo la mayor pérdida de peso en el análisis. La peruanita, con su alta temperatura de pico y entalpia, es más estable en proceso que requieren resistencia térmica, mientras que la amarilla, con su alta temperatura de transición vítrea, es mejor para aplicaciones que exigen estabilidad frente a cambios de temperatura para garantizar la calidad del producto final.
- En la composición proximal en la harina de haba la variedad peruanita mostró un perfil nutricional más abundante, lo que puede ser beneficioso para aplicaciones alimentarias que requieren alto nivel de proteínas, como productos de panadería y alimentos fortificados. Esto también indica que la harina Peruanita podría ser una mejor opción para la formulación de productos destinados a una dieta rica en proteínas, lo cual es importante para la construcción y reparación de tejidos, así como para el mantenimiento general de la salud.

RECOMENDACIONES

- Realizar estudios sobre el contenido de las vitaminas y minerales en las harinas de haba mediante las propiedades físicas, químicas ya que estos son nutrientes esenciales para el consumo del ser humano.
- Determinar la composición proximal de las harinas de diferentes variedades de haba sin cascara, debido a que se puede establecer relaciones directas entre sus componentes y sus propiedades físicas, químicas, tecnofuncionales y comportamiento térmico.
- Para la determinación de calorimetría diferencial de barrido DSC es recomendable realizar pruebas en el equipo con muestras hidratadas con agua, para obtener datos optemos en el estudio.
- Se recomienda que la harina de haba se puede usarse de diferentes maneras en la industria alimentaria como galletas, panes entre otros.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Aguilera, Y., Estrella, I., Benitez, V., Esteban, R. M., & Martín-Cabrejas, M. A. (2011). Bioactive phenolic compounds and functional properties of dehydrated bean flours. *Food Research International*, 44(3), 774–780. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.01.004>
- Albarracín, M. (2020). Composición y propiedades tecno - funcionales de harina de garbanzo integral y descascarado. *Encuentro de Jóvenes Investigadores*, 2–3. <https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8443/bitstream/handle/11185/6965/CB31.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Aldana, L. fernando. (2010). Producción Comercial y de Semilla de Haba (Vicia fava L .). *Manual Técnico Agrícola*, 49.
- alfredo Morales, & Kokini, J. L. (1997). Glass transition of soy globulins using differential scanning calorimetry and mechanical spectrometry. *Biotechnology Progress*, 13(5), 624–629. <https://doi.org/10.1021/bp9700519>
- Atudorei, D., Stroe, S. G., & Codină, G. G. (2021). Impact of germination on the microstructural and physicochemical properties of different legume types. *Plants*, 10(3), 1–19. <https://doi.org/10.3390/plants10030592>
- Badia, C., Laguna, L., Haros, C. M., & Tárrega, A. (2023). Techno-Functional and Rheological Properties of Alternative Plant-Based Flours. *Foods*, 12(7), 1411. <https://doi.org/10.3390/foods12071411>
- Badia Olmos, C., Laguna, L., Haros, C. M., & Tárrega, A. (2023). Techno-Functional and Rheological Properties of Alternative Plant-Based Flours. *Foods*, 12(7). <https://doi.org/10.3390/foods12071411>
- Barać, M. B., Pešić, M. B., Stanojević, S. P., Kostić, A. Z., & Čabrilo, S. B. (2015). Techno-functional properties of pea (*Pisum sativum*) protein isolates-a review. *Acta Periodica Technologica*, 46, 1–18. <https://doi.org/10.2298/APT1546001B>
- Bashir, K., & Aggarwal, M. (2016). Effects of gamma irradiation on the physicochemical, thermal and functional properties of chickpea flour. *LWT - Food Science and Technology*, 69, 614–622. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.02.022>

- Bressi, G. B., Martín Esparza, M. E., & Albors Sorolla, A. M. (2017). *Aspectos tecnológicos y nutricionales de pasta sin gluten a base de Harina de garbanzo y Harina de chufa* . 12–13.
- Calsin, M., & Aro, J. M. (2019). Elaboración de una mezcla alimenticia a base de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen), cebada (*Hordeum vulgare* L.) maiz (*Zea mays* L.), haba (*Vicia faba* L.) y soya (*Glycine max* L. Merr) por proceso de cocción – extrus. *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, 21(4), 293–303. <https://doi.org/10.18271/ria.2019.506>
- Carlos A. Ligarda-Samanez, Elibet Moscoso-Moscoso, D. C.-Q., Ramos-Pacheco, B. S., Cruz, J. C. A.-Q. G. D. la C., Huamán-Carrión, M. L., Quispe-Quezada, U. R., & Gutiérrez-Gómez, E. D. J. C.-M. M. M.-M. and W. C. C. (2023). Native Potato Starch and Tara Gum as Polymeric Matrices to. *Polymers*.
- Colca stelman, J. (2014). Efecto del tratamiento termico sobre la solubilidad proteica, el índice de ureasa y la composicion química del haba(vicia faba l) INIA 423 blanca gigante yunguyo. In *Tesis*. http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/7104/Molleapaza_Mamani_Joel_Neftali.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Conacyt. (2008). La espectroscopia FTIR-ATR aplicada al análisis de alimentos y bebidas. *Técnicas Analíticas*, 34.
- Cornejo, Y. I., Martínez-Cruz, O., Del Toro-Sánchez, C. L., Wong-Corral, F. J., Borboa-Flores, J., & Cinco-Moroyoqui, F. J. (2018). The structural characteristics of starches and their functional properties. *CYTA - Journal of Food*, 16(1), 1003–1017. <https://doi.org/10.1080/19476337.2018.1518343>
- Curi, L. (2015). Evaluacion agronomico y rendiminto en grano seco de ocho cultivares de haba (*Vicia faba* L.) en el sector distrito de Cachimayo- Anta -Cusco. In *Jurnal Teknik* (Issue 2).https://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/7162/253T20220545_TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Del Aguila. (2022). *Propiedades funcionales, morfologicas y termicas de harina y almidon de platano variedaces Musa acuminata AA y Musa acuminata AAA* ”.

- Du, S. kui, Jiang, H., Yu, X., & Jane, J. lin. (2014). Physicochemical and functional properties of whole legume flour. *Lwt*, 55(1), 308–313. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.06.001>
- Dussán-Sarria, S., Hurtado-Hurtado, D. L., & Camacho-Tamayo, J. H. (2019). Granulometry, functional properties and color properties of quinoa and peach palm fruit flour. *Informacion Tecnologica*, 30(5), 3–10. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000500003>
- Edna, M., & Prieto, C. (2007). *Estudios de las transiciones termicas del almidon y el almidón termoplastico mediante analisis termicos (DSC y Tga)*. <https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/adad4a70-0df5-44c1-ad58-43c094b80ddc/content>
- Fuentes herrera, P. B., Delgado alvarado, A., Herrera cabrera, B. E., Luna guevara, M. L., & Cholula, S. P. (2020). *Perception of consumption and use of broad bean: nutritional contribution in ciudad serdan, puebla, mexico*. 1–16.
- Gallegos G., R., & Polo Ch., I. (2013). Determinación Proximal De Los Principales Componentes De Seis Leguminosas Proximal. *InfoANALÍTICA*, 103–114. <http://www>.
- Ganogpichayagrai, A., & Suksaard, C. (2020). Proximate composition, vitamin and mineral composition, antioxidant capacity, and anticancer activity of *Acanthopanax trifoliatum*. *Journal of Advanced Pharmaceutical Technology and Research*, 11(4), 179–183. https://doi.org/10.4103/japtr.JAPTR_61_20
- García Pacheco, Y., Cabrera Mercado, D., Ballestas Santos, J. A., & Campo Arrieta, M. J. (2019). Efecto de diferentes tratamientos térmicos sobre las propiedades tecfuncionales de la harina de fríjol blanco (*Phaseolus lunatus* L.) y la determinación de su potencial uso agroalimentario. *Inge Cuc*, 15(2), 132–142. <https://doi.org/10.17981/ingecuc.15.2.2019.13>
- Gomez, E., & Lopez, E. (2020). Uso de la harina de haba (*Vicia faba* L.) como ayudante de coagulación en el tratamiento de agua para consumo humano. Una Revisión. In *Univerisidad Peruana Union*. <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/3468>
- Goyoaga, C. (2005). Estudio de Factores no Nutritivos en “Vicia faba L.”: Influencia de la Germinación Sobre su Valor Nutritivo. In *Universidad Complutense de Madrid*.

- Gutierrez, H., & Vara, R. de la. (2008). *Analisis y diseño de experimentos*.
- Henshaw, F. O., McWatters, K. H., Akingbala, J. O., & Chinnan, M. S. (2003). Thermal properties of cowpea flour: A study by differential scanning calorimetry. *Nahrung - Food*, 47(3), 161–165. <https://doi.org/10.1002/food.200390038>
- Horque, R. F. (2004). Cultivo del Haba. In *Repositorio.Inia.Gob.Pe* (Vol. 0, Issue 0).
- Huaman, L. (2019). Caracterización fisicoquímica y propiedades funcionales de harina de dos variedades de habas (Vicia faba) Sincos y Amarilla Molinera. In *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/>
- Huaraca Aparco, R., Tapia Tadeo, F., Delgado Laime, M. D. M., & Kari Ferro, A. (2022). Comportamiento térmico en variedades de harina de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) germinada. *Revista Alfa*, 6(16), 130–139. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v6i16.155>
- Kumar, S. R., Sadiq, M. B., & Anal, A. K. (2022). Comparative study of physicochemical and functional properties of soaked, germinated and pressure cooked Faba bean. *Journal of Food Science and Technology*, 59(1), 257–267. <https://doi.org/10.1007/s13197-021-05010-x>
- Leyva Barzola, G. (2015). *Efecto de la harina de haba (Vicia faba L.) sobre las propiedades reológicas y calidad de pastas alimenticias*. <https://repositorio.uncp.edu.pe/>
- Medhe, S. V., Kamble, M. T., Kettawan, A. K., Monboonpitak, N., & Kettawan, A. (2022). Effect of Hydrothermal Cooking and Germination Treatment on Functional and Physicochemical Properties of Parkia timoriana Bean Flours: An Underexplored Legume Species of Parkia Genera. *Foods*, 11(13). <https://doi.org/10.3390/foods11131822>
- Mengozi, A., Chiavaro, E., Barbanti, D., & Bot, F. (2024). Heat-Induced Gelation of Chickpea and Faba Bean Flour Ingredients. *Gels*, 10(5). <https://doi.org/10.3390/gels10050309>
- Ministerio de Agricultura y Riego. (2016). leguminosas de grano. *Junio*, 529–570. <https://doi.org/10.2307/j.ctvkjb460.13>
- Mondragón, P. (2017). Espectroscopia de infrarrojo para todos. In *Neural Regeneration Research*. https://ciatej.mx/files/divulgacion/divulgacion_5a43b7c09fdc1.pdf

- Montoya, J., & Giraldo, G. A. (2010). Caracterización Físico-Química De Harina De Trigo, Masa Y Pan. *Revista de Investigaciones Universidad Del Quindío*, 20(1), 29–35. <https://doi.org/10.33975/riuuq.vol20n1.703>
- 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.*
- Montoya, J., Quintero, V., & Lucas, J. (2014). Evaluación fisicotérmica y reológica de harina y almidón de plátano dominicano hartón (*Musa paradisiaca* abb). *Temas Agrarios*, 19(2), 214–233. <https://doi.org/10.21897/rta.v19i2.736>
- Núñez, S. F. R. (2021). *efecto del tiempo y temperatura de tostado en la solubilidad, el color y la aceptabilidad de una bebida instantánea elaborada a base de haba (*Vicia faba* L.), arveja (*Pisum Sativum* L.) y cebada (*Hordeum vulgare* L.).*
- Orsini, D., Milena, S., Aparicio, P., & Patricia, G. (2021). *Espectroscopia De Infrarrojo Con Transformada De Fourier (Ft-Ir) Para Análisis De Muestras De Harina De Trigo, Fécula De Maíz Y Almidón De Yuca Fourier Transformed Infrared Spectroscopy (Ft-Ir) for Analyzing Wheat, Flour, Corn Starch and Cassava Starch.* 1, 12. <file:///C:/Users/V330/Desktop/FTIR Y SEM/4477-17582-1-PB.pdf>
- Ortiz, C. V. C., & Barcia, G. C. C. (2012). *Análisis de Propiedades Térmicas durante Gelatinización en tres variedades de arroz INIAP aplicando el Calorímetro Diferencial de Barrido (DSC).*
- Ozan, T., Ertugrul, U., Grunin, L., & Oztop, M. H. (2022). An investigation of functional quality characteristics and water interactions of navy bean, chickpea, pea, and lentil flours. *Legume Science*, 4(1), 1–9. <https://doi.org/10.1002/leg3.136>
- Pineda, C. G., Ramos, D. R., & Ramos, A. R. (2011). *Estudio de las propiedades térmicas de harinas de maíz producidas por tratamiento térmico.* 7, 119–142.
- Quintero, V. D., Lucas, J. C., & Álzate, E. N. (2012). *Determination of Thermal Properties and Compositional Flour and Starch Chachafruto (*Erythrina Edulis* Triana ex Micheli).* 16–32.

- Ratnawati, L., Desnilasari, D., Surahman, D. N., & Kumalasari, R. (2019). Evaluation of Physicochemical, Functional and Pasting Properties of Soybean, Mung Bean and Red Kidney Bean Flour as Ingredient in Biscuit. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 251(1), 0–10. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/251/1/012026>
- Romero Carrión, V., Tirado Rengifo, A., & Dávalos Prado, J. (2015). Determinación experimental mediante DSC de las estabilidades térmicas y las capacidades caloríficas: quinua, kiwicha y cañihua. *Cátedra Villarreal*, 3(1), 37–50. <https://doi.org/10.24039/cv20153144>
- Salcedo, G. Á. J., Torres, O. L. V., & Ariza, H. C. (2018). Physical-chemical characterization of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd .), amaranth (*Amaranthus caudatus* L .), and chia (*Salvia hispanica* L .) flours and seeds Caracterización fisicoquímica y estructural de harinas y semillas de quinua (*Chenopodium qu.* *Acta Agronómica*, 67(2), 215–222.
- Sharan, S., Zanghelini, G., Zotzel, J., Bonerz, D., Aschoff, J., Saint-Eve, A., & Maillard, M. N. (2020). Fava bean (*Vicia faba* L.) for food applications: From seed to ingredient processing and its effect on functional properties, antinutritional factors, flavor, and color. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(1), 401–428. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12687>
- Skoog, D. A., Holler, F. J., & Nieman, T. A. (2009). Principios de Analisis Intrumental. In *Cengage learning*.
- Suriñach, S., Baro, M. D., Bordas, S., Clavaguera, N., & Clavaguera-Mora, M. T. (1992). La calorimetría diferencial de barrido y su aplicación a la Ciencia de Materiales. *Boletín de La Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, 31, 11–17. <https://boletines.secv.es/upload/199231011.pdf>
- Thavarajah, P., Madurapperumage, A., Windsor, N., Tang, L., & Thavarajah, D. (2023). Fourier-transform infrared spectroscopy: An inexpensive, rapid, and less-destructive tool for starch and resistant starch analysis from pulse flour. *Plant Phenome Journal*, 6(1), e20086. <https://doi.org/10.1002/ppj2.20086>
- Venegas, V. D. (2017). Calorimetria diferencial de barrido. *Working Paper, May*, 1–6. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.12849.79204>

Yasumatsu, K., Sawada, K., Moritaka, S., Misaki, M., Toda, J., Wada, T., & Ishii, K. (1972). Whipping and Emulsifying Properties of Soybean Products. *Agricultural and Biological Chemistry*, 36(5), 719–727. <https://doi.org/10.1080/00021369.1972.10860321>

Yaw, K., Ki, M., & Ling, M. (2020). Physicochemical, thermal and rheological properties of commercial wheat flours and corresponding starches. *Food Science and Technology*, 40(suppl 1), 51–59. <https://doi.org/10.1590/fst.39718>

ANEXOS

Anexo 1. Análisis estadístico ANOVA y rangos múltiples para poder de hinchamiento a 60°C

Resumen Estadístico para PH (60°C)

| Harina de haba | Recuento | Promedio | Desviación Estándar | Coefficiente de Variación | Mínimo | Máximo |
|----------------|----------|----------|---------------------|---------------------------|---------|---------|
| Amarilla | 3 | 5.60527 | 0.123049 | 2.19525% | 5.48053 | 5.72656 |
| Peruanita | 3 | 4.86318 | 0.111457 | 2.29186% | 4.75367 | 4.97649 |
| Verde | 3 | 4.73713 | 0.0745233 | 1.57317% | 4.69369 | 4.82318 |
| Total | 9 | 5.06853 | 0.416306 | 8.21355% | 4.69369 | 5.72656 |

Tabla ANOVA para PH (60°C) por Harina de haba

| Fuente | Suma de Cuadrados | Gl | Cuadrado Medio | Razón-F | Valor-P |
|---------------|-------------------|----|----------------|--------------|---------------|
| Entre grupos | 1.32025 | 2 | 0.660125 | 59.80 | 0.0001 |
| Intra grupos | 0.0662352 | 6 | 0.0110392 | | |
| Total (Corr.) | 1.38649 | 8 | | | |

Pruebas de Múltiple Rangos para PH (60°C) por Harina de haba

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

| Harina de haba | Casos | Media | Grupos Homogéneos |
|----------------|-------|---------|-------------------|
| Verde | 3 | 4.73713 | b |
| Peruanita | 3 | 4.86318 | b |
| Amarilla | 3 | 5.60527 | a |

| Contraste | Sig. | Diferencia | +/- Límites |
|----------------------|------|------------|-------------|
| Amarilla - Peruanita | * | 0.742085 | 0.263221 |
| Amarilla - Verde | * | 0.868141 | 0.263221 |
| Peruanita - Verde | | 0.126056 | 0.263221 |

* indica una diferencia significativa.

Anexo 2. Análisis estadístico ANOVA y rangos múltiples para poder de hinchamiento a 70°C

Resumen Estadístico para PH (70°C)

| Harina de haba | Recuento | Promedio | Desviación Estándar | Coefficiente de Variación | Mínimo | Máximo |
|----------------|----------|----------|---------------------|---------------------------|---------|---------|
| Amarilla | 3 | 7.18945 | 0.0610539 | 0.849215% | 7.15057 | 7.25982 |
| Peruanita | 3 | 7.22267 | 0.150584 | 2.08489% | 7.07475 | 7.37578 |
| Verde | 3 | 6.21669 | 0.0367918 | 0.591824% | 6.19535 | 6.25917 |
| Total | 9 | 6.87627 | 0.501857 | 7.29839% | 6.19535 | 7.37578 |

Tabla ANOVA para PH (70°C) por Harina de haba

| <i>Fuente</i> | <i>Suma de Cuadrados</i> | <i>Gl</i> | <i>Cuadrado Medio</i> | <i>Razón-F</i> | <i>Valor-P</i> |
|---------------|--------------------------|-----------|-----------------------|----------------|----------------|
| Entre grupos | 1.95937 | 2 | 0.979684 | 105.89 | 0.0000 |
| Intra grupos | 0.0555138 | 6 | 0.0092523 | | |
| Total (Corr.) | 2.01488 | 8 | | | |

Pruebas de Múltiple Rangos para PH (70°C) por Harina de haba

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

| <i>Harina de haba</i> | <i>Casos</i> | <i>Media</i> | <i>Grupos Homogéneos</i> |
|-----------------------|--------------|--------------|--------------------------|
| Verde | 3 | 6.21669 | b |
| Amarilla | 3 | 7.18945 | a |
| Peruanita | 3 | 7.22267 | a |

| <i>Contraste</i> | <i>Sig.</i> | <i>Diferencia</i> | <i>+/- Límites</i> |
|----------------------|-------------|-------------------|--------------------|
| Amarilla - Peruanita | | -0.0332176 | 0.240978 |
| Amarilla - Verde | * | 0.972763 | 0.240978 |
| Peruanita - Verde | * | 1.00598 | 0.240978 |

* indica una diferencia significativa.

Anexo 3. Análisis estadístico ANOVA y rangos múltiples para poder de hinchamiento a 80°C**Resumen Estadístico para PH (80°C)**

| <i>Harina de haba</i> | <i>Recuento</i> | <i>Promedio</i> | <i>Desviación Estándar</i> | <i>Coefficiente de Variación</i> | <i>Mínimo</i> | <i>Máximo</i> |
|-----------------------|-----------------|-----------------|----------------------------|----------------------------------|---------------|---------------|
| Amarilla | 3 | 10.4932 | 0.154383 | 1.47126% | 10.3233 | 10.6249 |
| Peruanita | 3 | 9.99707 | 0.119834 | 1.19869% | 9.8957 | 10.1293 |
| Verde | 3 | 6.66063 | 0.251004 | 3.76847% | 6.37371 | 6.8396 |
| Total | 9 | 9.05031 | 1.81208 | 20.0223% | 6.37371 | 10.6249 |

Tabla ANOVA para PH (80°C) por Harina de haba

| <i>Fuente</i> | <i>Suma de Cuadrados</i> | <i>Gl</i> | <i>Cuadrado Medio</i> | <i>Razón-F</i> | <i>Valor-P</i> |
|---------------|--------------------------|-----------|-----------------------|----------------|----------------|
| Entre grupos | 26.0668 | 2 | 13.0334 | 386.38 | 0.0000 |
| Intra grupos | 0.202394 | 6 | 0.0337324 | | |
| Total (Corr.) | 26.2692 | 8 | | | |

Pruebas de Múltiple Rangos para PH (80°C) por Harina de haba

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

| Harina de haba | Casos | Media | Grupos Homogéneos |
|----------------|-------|---------|-------------------|
| Verde | 3 | 6.66063 | c |
| Peruanita | 3 | 9.99707 | b |
| Amarilla | 3 | 10.4932 | a |

| Contraste | Sig. | Diferencia | +/- Límites |
|----------------------|------|-----------------|-------------|
| Amarilla - Peruanita | * | 0.496169 | 0.460125 |
| Amarilla - Verde | * | 3.8326 | 0.460125 |
| Peruanita - Verde | * | 3.33643 | 0.460125 |

* indica una diferencia significativa.

Anexo 4. Análisis estadístico ANOVA y rangos múltiples para poder de hinchamiento a 90°C

Resumen Estadístico para PH (90 °C)

| Harina de haba | Recuento | Promedio | Desviación Estándar | Coefficiente de Variación | Mínimo | Máximo |
|----------------|----------|----------|---------------------|---------------------------|---------|---------|
| Amarilla | 3 | 11.2918 | 0.0628698 | 0.556773% | 11.2194 | 11.3324 |
| Peruanita | 3 | 12.1564 | 0.0110987 | 0.0912997% | 12.1439 | 12.1652 |
| Verde | 3 | 11.4205 | 0.123081 | 1.07772% | 11.2807 | 11.5126 |
| Total | 9 | 11.6229 | 0.409868 | 3.52638% | 11.2194 | 12.1652 |

Tabla ANOVA para PH (90 °C) por Harina de haba

| Fuente | Suma de Cuadrados | Gl | Cuadrado Medio | Razón-F | Valor-P |
|---------------|-------------------|----|----------------|---------------|---------------|
| Entre grupos | 1.30549 | 2 | 0.652743 | 101.86 | 0.0000 |
| Intra grupos | 0.0384494 | 6 | 0.00640823 | | |
| Total (Corr.) | 1.34393 | 8 | | | |

Pruebas de Múltiple Rangos para PH (90 °C) por Harina de haba

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

| Harina de haba | Casos | Media | Grupos Homogéneos |
|----------------|-------|---------|-------------------|
| Amarilla | 3 | 11.2918 | a |
| Verde | 3 | 11.4205 | a |
| Peruanita | 3 | 12.1564 | b |

| Contraste | Sig. | Diferencia | +/- Límites |
|----------------------|------|------------------|-------------|
| Amarilla - Peruanita | * | -0.864556 | 0.200549 |
| Amarilla - Verde | | -0.128716 | 0.200549 |
| Peruanita - Verde | * | 0.73584 | 0.200549 |

* indica una diferencia significativa.

Anexo 5. Análisis estadístico ANOVA y rangos múltiples para índice de solubilidad a 60°C

Resumen Estadístico para Solubilidad (60°C)

| Harina de haba | Recuento | Promedio | Desviación Estándar | Coefficiente de Variación | Mínimo | Máximo |
|----------------|----------|----------|---------------------|---------------------------|---------|---------|
| Amarilla | 3 | 29.8136 | 0.19691 | 0.66047% | 29.5863 | 29.9296 |
| Peruanita | 3 | 30.666 | 1.03584 | 3.37781% | 29.9345 | 31.8513 |
| Verde | 3 | 30.645 | 0.548598 | 1.79017% | 30.0785 | 31.1737 |
| Total | 9 | 30.3749 | 0.728324 | 2.39778% | 29.5863 | 31.8513 |

Tabla ANOVA para Solubilidad (60°C) para la harina de haba

| Fuente | Suma de Cuadrados | Gl | Cuadrado Medio | Razón-F | Valor-P |
|---------------|-------------------|----|----------------|-------------|---------------|
| Entre grupos | 1.41826 | 2 | 0.70913 | 1.51 | 0.2951 |
| Intra grupos | 2.82539 | 6 | 0.470898 | | |
| Total (Corr.) | 4.24365 | 8 | | | |

Pruebas de Múltiple Rangos para Solubilidad (60°C) para la harina de haba

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

| Harina de haba | Casos | Media | Grupos Homogéneos |
|----------------|-------|---------|-------------------|
| Amarilla | 3 | 29.8136 | a |
| Verde | 3 | 30.645 | a |
| Peruanita | 3 | 30.666 | a |

| Contraste | Sig. | Diferencia | +/- Límites |
|----------------------|------|------------|-------------|
| Amarilla - Peruanita | | -0.852383 | 1.71916 |
| Amarilla - Verde | | -0.831423 | 1.71916 |
| Peruanita - Verde | | 0.0209596 | 1.71916 |

* indica una diferencia significativa.

Anexo 6. Análisis estadístico ANOVA y rangos múltiples para índice de solubilidad a 70°C

C

Resumen Estadístico para Solubilidad (70°C)

| Harina de haba | Recuento | Promedio | Desviación Estándar | Coefficiente de Variación | Mínimo | Máximo |
|----------------|----------|----------|---------------------|---------------------------|---------|---------|
| Amarilla | 3 | 31.4894 | 0.0485868 | 0.154296% | 31.4506 | 31.5439 |
| Peruanita | 3 | 35.3488 | 0.223937 | 0.633508% | 35.1331 | 35.5802 |
| Verde | 3 | 31.9046 | 0.148691 | 0.46605% | 31.7969 | 32.0742 |
| Total | 9 | 32.9143 | 1.83981 | 5.5897% | 31.4506 | 35.5802 |

Tabla ANOVA para Solubilidad (70°C) por Harina de haba

| <i>Fuente</i> | <i>Suma de Cuadrados</i> | <i>Gl</i> | <i>Cuadrado Medio</i> | <i>Razón-F</i> | <i>Valor-P</i> |
|---------------|--------------------------|-----------|-----------------------|----------------|----------------|
| Entre grupos | 26.9299 | 2 | 13.465 | 541.36 | 0.0000 |
| Intra grupos | 0.149235 | 6 | 0.0248726 | | |
| Total (Corr.) | 27.0792 | 8 | | | |

Pruebas de Múltiple Rangos para Solubilidad (70°C) por Harina de haba

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

| <i>Harina de haba</i> | <i>Casos</i> | <i>Media</i> | <i>Grupos Homogéneos</i> |
|-----------------------|--------------|--------------|--------------------------|
| Amarilla | 3 | 31.4894 | a |
| Verde | 3 | 31.9046 | c |
| Peruanita | 3 | 35.3488 | b |

| <i>Contraste</i> | <i>Sig.</i> | <i>Diferencia</i> | <i>+/- Límites</i> |
|----------------------|-------------|-------------------|--------------------|
| Amarilla - Peruanita | * | -3.8594 | 0.395105 |
| Amarilla - Verde | * | -0.415199 | 0.395105 |
| Peruanita - Verde | * | 3.44421 | 0.395105 |

* indica una diferencia significativa.

Anexo 7. Análisis estadístico ANOVA y rangos múltiples para índice de solubilidad a 80°C

Resumen Estadístico para Solubilidad (80°C)

| <i>Harina de haba</i> | <i>Recuento</i> | <i>Promedio</i> | <i>Desviación Estándar</i> | <i>Coefficiente de Variación</i> | <i>Mínimo</i> | <i>Máximo</i> |
|-----------------------|-----------------|-----------------|----------------------------|----------------------------------|---------------|---------------|
| Amarilla | 3 | 37.6133 | 0.199883 | 0.531415% | 37.3861 | 37.7619 |
| Peruanita | 3 | 38.497 | 0.215979 | 0.561028% | 38.2476 | 38.6237 |
| Verde | 3 | 32.8899 | 0.523101 | 1.59046% | 32.2882 | 33.2373 |
| Total | 9 | 36.3334 | 2.62802 | 7.23308% | 32.2882 | 38.6237 |

Tabla ANOVA para Solubilidad (80°C) por Harina de haba

| <i>Fuente</i> | <i>Suma de Cuadrados</i> | <i>Gl</i> | <i>Cuadrado Medio</i> | <i>Razón-F</i> | <i>Valor-P</i> |
|---------------|--------------------------|-----------|-----------------------|----------------|----------------|
| Entre grupos | 54.5315 | 2 | 27.2658 | 227.07 | 0.0000 |
| Intra grupos | 0.720469 | 6 | 0.120078 | | |
| Total (Corr.) | 55.252 | 8 | | | |

Pruebas de Múltiple Rangos para Solubilidad (80°C) por Harina de haba

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

| Harina de haba | Casos | Media | Grupos Homogéneos |
|----------------|-------|---------|-------------------|
| Verde | 3 | 32.8899 | c |
| Amarilla | 3 | 37.6133 | a |
| Peruanita | 3 | 38.497 | b |

| Contraste | Sig. | Diferencia | +/- Límites |
|----------------------|------|------------------|-------------|
| Amarilla - Peruanita | * | -0.883674 | 0.868128 |
| Amarilla - Verde | * | 4.72344 | 0.868128 |
| Peruanita - Verde | * | 5.60712 | 0.868128 |

* indica una diferencia significativa.

Anexo 8. Análisis estadístico ANOVA y rangos múltiples para índice de solubilidad a 90°C

Resumen Estadístico para Solubilidad (90°C)

| Harina de haba | Recuento | Promedio | Desviación Estándar | Coefficiente de Variación | Mínimo | Máximo |
|----------------|----------|----------|---------------------|---------------------------|---------|---------|
| Amarilla | 3 | 38.7835 | 0.220226 | 0.567836% | 38.5499 | 38.9874 |
| Peruanita | 3 | 40.9078 | 1.01543 | 2.48224% | 40.0049 | 42.0071 |
| Verde | 3 | 40.8007 | 0.190631 | 0.467225% | 40.6269 | 41.0046 |
| Total | 9 | 40.164 | 1.16327 | 2.89629% | 38.5499 | 42.0071 |

Tabla ANOVA para Solubilidad (90°C) por Harina de haba

| Fuente | Suma de Cuadrados | Gl | Cuadrado Medio | Razón-F | Valor-P |
|---------------|-------------------|----|----------------|--------------|---------------|
| Entre grupos | 8.59363 | 2 | 4.29682 | 11.55 | 0.0088 |
| Intra grupos | 2.23187 | 6 | 0.371979 | | |
| Total (Corr.) | 10.8255 | 8 | | | |

Pruebas de Múltiple Rangos para Solubilidad (90°C) por Harina de haba

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

| <i>Harina de haba</i> | <i>Casos</i> | <i>Media</i> | <i>Grupos Homogéneos</i> |
|-----------------------|--------------|--------------|--------------------------|
| Amarilla | 3 | 38.7835 | a |
| Verde | 3 | 40.8007 | b |
| Peruanita | 3 | 40.9078 | b |

| <i>Contraste</i> | <i>Sig.</i> | <i>Diferencia</i> | <i>+/- Límites</i> |
|----------------------|-------------|-------------------|--------------------|
| Amarilla - Peruanita | * | -2.12431 | 1.52796 |
| Amarilla - Verde | * | -2.01729 | 1.52796 |
| Peruanita - Verde | | 0.107018 | 1.52796 |

* indica una diferencia significativa.

Anexo 9. Análisis estadístico ANOVA y rangos múltiples para capacidad de absorción de agua a 60°C

Resumen Estadístico para CAA (60°C)

| <i>Harina de haba</i> | <i>Recuento</i> | <i>Promedio</i> | <i>Desviación Estándar</i> | <i>Coefficiente de Variación</i> | <i>Mínimo</i> | <i>Máximo</i> |
|-----------------------|-----------------|-----------------|----------------------------|----------------------------------|---------------|---------------|
| Amarilla | 3 | 3.93399 | 0.0768543 | 1.9536% | 3.85905 | 4.01262 |
| Peruanita | 3 | 3.37122 | 0.0470072 | 1.39437% | 3.31749 | 3.40475 |
| Verde | 3 | 3.2852 | 0.0331279 | 1.0084% | 3.25353 | 3.31961 |
| Total | 9 | 3.53014 | 0.308923 | 8.75101% | 3.25353 | 4.01262 |

Tabla ANOVA para CAA (60°C) por Harina de haba

| <i>Fuente</i> | <i>Suma de Cuadrados</i> | <i>Gl</i> | <i>Cuadrado Medio</i> | <i>Razón-F</i> | <i>Valor-P</i> |
|---------------|--------------------------|-----------|-----------------------|----------------|----------------|
| Entre grupos | 0.745038 | 2 | 0.372519 | 121.29 | 0.0000 |
| Intra grupos | 0.0184274 | 6 | 0.00307124 | | |
| Total (Corr.) | 0.763465 | 8 | | | |

Pruebas de Múltiple Rangos para CAA (60°C) por Harina de haba

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

| Harina de haba | Casos | Media | Grupos Homogéneos |
|----------------|-------|---------|-------------------|
| Verde | 3 | 3.2852 | b |
| Peruanita | 3 | 3.37122 | b |
| Amarilla | 3 | 3.93399 | a |

| Contraste | Sig. | Diferencia | +/- Límites |
|----------------------|------|-----------------|-------------|
| Amarilla - Peruanita | * | 0.562776 | 0.138838 |
| Amarilla - Verde | * | 0.648786 | 0.138838 |
| Peruanita - Verde | | 0.0860109 | 0.138838 |

* indica una diferencia significativa.

Anexo 10. Análisis estadístico ANOVA y rangos múltiples para capacidad de absorción de agua a 70°C

Resumen Estadístico para CAA (70°C)

| Harina de haba | Recuento | Promedio | Desviación Estándar | Coefficiente de Variación | Mínimo | Máximo |
|----------------|----------|----------|---------------------|---------------------------|---------|---------|
| Amarilla | 3 | 4.92555 | 0.044466 | 0.902761% | 4.89501 | 4.97657 |
| Peruanita | 3 | 4.66965 | 0.106156 | 2.27331% | 4.57502 | 4.78444 |
| Verde | 3 | 4.2333 | 0.0316811 | 0.748379% | 4.20837 | 4.26895 |
| Total | 9 | 4.6095 | 0.308948 | 6.70243% | 4.20837 | 4.97657 |

Tabla ANOVA para CAA (70°C) por Harina de haba

| Fuente | Suma de Cuadrados | Gl | Cuadrado Medio | Razón-F | Valor-P |
|---------------|-------------------|----|----------------|--------------|---------------|
| Entre grupos | 0.735093 | 2 | 0.367547 | 77.38 | 0.0001 |
| Intra grupos | 0.0284999 | 6 | 0.00474998 | | |
| Total (Corr.) | 0.763593 | 8 | | | |

Pruebas de Múltiple Rangos para CAA (70°C) por Harina de haba

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

| Harina de haba | Casos | Media | Grupos Homogéneos |
|----------------|-------|---------|-------------------|
| Verde | 3 | 4.2333 | c |
| Peruanita | 3 | 4.66965 | b |
| Amarilla | 3 | 4.92555 | a |

| Contraste | Sig. | Diferencia | +/- Límites |
|----------------------|------|-----------------|-------------|
| Amarilla - Peruanita | * | 0.255903 | 0.172662 |
| Amarilla - Verde | * | 0.692249 | 0.172662 |
| Peruanita - Verde | * | 0.436347 | 0.172662 |

* indica una diferencia significativa.

Anexo 11. Análisis estadístico ANOVA y rangos múltiples para capacidad de absorción de agua a 80°C

Resumen Estadístico para CAA (80°C)

| Harina de haba | Recuento | Promedio | Desviación Estándar | Coefficiente de Variación | Mínimo | Máximo |
|----------------|----------|----------|---------------------|---------------------------|---------|---------|
| Amarilla | 3 | 6.54618 | 0.0756938 | 1.15631% | 6.46385 | 6.61276 |
| Peruanita | 3 | 6.14837 | 0.0598704 | 0.97376% | 6.11083 | 6.21742 |
| Verde | 3 | 4.46909 | 0.134371 | 3.00667% | 4.31575 | 4.5663 |
| Total | 9 | 5.72121 | 0.958339 | 16.7506% | 4.31575 | 6.61276 |

Tabla ANOVA para CAA (80°C) por Harina de haba

| Fuente | Suma de Cuadrados | Gl | Cuadrado Medio | Razón-F | Valor-P |
|---------------|-------------------|----|----------------|---------------|---------------|
| Entre grupos | 7.29257 | 2 | 3.64628 | 399.67 | 0.0000 |
| Intra grupos | 0.054739 | 6 | 0.00912316 | | |
| Total (Corr.) | 7.34731 | 8 | | | |

Pruebas de Múltiple Rangos para CAA (80°C) por Harina de haba

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

| Harina de haba | Casos | Media | Grupos Homogéneos |
|----------------|-------|---------|-------------------|
| Verde | 3 | 4.46909 | c |
| Peruanita | 3 | 6.14837 | b |
| Amarilla | 3 | 6.54618 | a |

| Contraste | Sig. | Diferencia | +/- Límites |
|----------------------|------|-----------------|-------------|
| Amarilla - Peruanita | * | 0.397807 | 0.23929 |
| Amarilla - Verde | * | 2.07709 | 0.23929 |
| Peruanita - Verde | * | 1.67929 | 0.23929 |

* indica una diferencia significativa.

Anexo 12. Análisis estadístico ANOVA y rangos múltiples para capacidad de absorción de agua a 90°C

Resumen Estadístico para CAA (90°C)

| Harina de haba | Recuento | Promedio | Desviación Estándar | Coefficiente de Variación | Mínimo | Máximo |
|----------------|----------|----------|---------------------|---------------------------|---------|---------|
| Amarilla | 3 | 6.91246 | 0.0468133 | 0.67723% | 6.8648 | 6.95838 |
| Peruanita | 3 | 7.18344 | 0.12104 | 1.68498% | 7.05498 | 7.29536 |
| Verde | 3 | 6.76088 | 0.0770482 | 1.13962% | 6.6815 | 6.83536 |
| Total | 9 | 6.95226 | 0.200164 | 2.87913% | 6.6815 | 7.29536 |

Tabla ANOVA para CAA (90 °C) por Harina de haba

| <i>Fuente</i> | <i>Suma de Cuadrados</i> | <i>Gl</i> | <i>Cuadrado Medio</i> | <i>Razón-F</i> | <i>Valor-P</i> |
|---------------|--------------------------|-----------|-----------------------|----------------|----------------|
| Entre grupos | 0.274969 | 2 | 0.137485 | 18.11 | 0.0029 |
| Intra grupos | 0.045557 | 6 | 0.00759284 | | |
| Total (Corr.) | 0.320526 | 8 | | | |

Pruebas de Múltiple Rangos para CAA (90 °C) por Harina de haba

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

| <i>Harina de haba</i> | <i>Casos</i> | <i>Media</i> | <i>Grupos Homogéneos</i> |
|-----------------------|--------------|--------------|--------------------------|
| Verde | 3 | 6.76088 | a |
| Amarilla | 3 | 6.91246 | a |
| Peruanita | 3 | 7.18344 | b |

| <i>Contraste</i> | <i>Sig.</i> | <i>Diferencia</i> | <i>+/- Límites</i> |
|----------------------|-------------|-------------------|--------------------|
| Amarilla - Peruanita | * | -0.270978 | 0.2183 |
| Amarilla - Verde | | 0.151588 | 0.2183 |
| Peruanita - Verde | * | 0.422565 | 0.2183 |

* indica una diferencia significativa.

Anexo 13. Análisis estadístico ANOVA y rangos múltiples para capacidad emulsificante**Resumen Estadístico para capacidad emulsificante**

| <i>Harina de haba</i> | <i>Recuento</i> | <i>Promedio</i> | <i>Desviación Estándar</i> | <i>Coefficiente de Variación</i> | <i>Mínimo</i> | <i>Máximo</i> |
|-----------------------|-----------------|-----------------|----------------------------|----------------------------------|---------------|---------------|
| Amarilla | 3 | 46.7158 | 0.817052 | 1.74899% | 45.7831 | 47.3054 |
| Peruanita | 3 | 48.1548 | 0.904236 | 1.87777% | 47.3684 | 49.1429 |
| Verde | 3 | 46.043 | 1.52583 | 3.31392% | 44.375 | 47.3684 |
| Total | 9 | 46.9712 | 1.35139 | 2.87707% | 44.375 | 49.1429 |

Tabla ANOVA para capacidad emulsificante por Harina de haba

| <i>Fuente</i> | <i>Suma de Cuadrados</i> | <i>Gl</i> | <i>Cuadrado Medio</i> | <i>Razón-F</i> | <i>Valor-P</i> |
|---------------|--------------------------|-----------|-----------------------|----------------|----------------|
| Entre grupos | 6.9834 | 2 | 3.4917 | 2.75 | 0.1423 |
| Intra grupos | 7.62673 | 6 | 1.27112 | | |
| Total (Corr.) | 14.6101 | 8 | | | |

Pruebas de Múltiple Rangos para capacidad emulsificante por Harina de haba

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

| Harina de haba | Casos | Media | Grupos Homogéneos |
|----------------|-------|---------|-------------------|
| Verde | 3 | 46.043 | a |
| Amarilla | 3 | 46.7158 | a |
| Peruanita | 3 | 48.1548 | a |

| Contraste | Sig. | Diferencia | +/- Límites |
|----------------------|------|------------|-------------|
| Amarilla - Peruanita | | -1.43905 | 2.82453 |
| Amarilla - Verde | | 0.672794 | 2.82453 |
| Peruanita - Verde | | 2.11184 | 2.82453 |

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 14: ANOVA y prueba de rangos para contenido humedad

Resumen Estadístico para humedad

| Harina de haba | Recuento | Promedio | Desviación Estándar | Coefficiente de Variación | Mínimo | Máximo |
|----------------|----------|----------|---------------------|---------------------------|--------|--------|
| Amarilla | 3 | 10.2267 | 0.061101 | 0.597467% | 10.16 | 10.28 |
| Peruanita | 3 | 10.6233 | 0.120968 | 1.1387% | 10.53 | 10.76 |
| Verde | 3 | 9.67667 | 0.15308 | 1.58194% | 9.56 | 9.85 |
| Total | 9 | 10.1756 | 0.424208 | 4.1689% | 9.56 | 10.76 |

Tabla ANOVA para humedad por Harina de haba

| Fuente | Suma de Cuadrados | Gl | Cuadrado Medio | Razón-F | Valor-P |
|---------------|-------------------|----|----------------|--------------|---------------|
| Entre grupos | 1.35602 | 2 | 0.678011 | 48.66 | 0.0002 |
| Intra grupos | 0.0836 | 6 | 0.0139333 | | |
| Total (Corr.) | 1.43962 | 8 | | | |

Pruebas de Múltiple Rangos para humedad por Harina de haba

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

| Harina de haba | Casos | Media | Grupos Homogéneos |
|----------------|-------|---------|-------------------|
| Verde | 3 | 9.67667 | c |
| Amarilla | 3 | 10.2267 | a |
| Peruanita | 3 | 10.6233 | b |

| Contraste | Sig. | Diferencia | +/- Límites |
|----------------------|------|------------------|-------------|
| Amarilla - Peruanita | * | -0.396667 | 0.295719 |
| Amarilla - Verde | * | 0.55 | 0.295719 |
| Peruanita - Verde | * | 0.946667 | 0.295719 |

* indica una diferencia significativa.

Anexo 15. ANOVA y rangos múltiples de Tukey para proteínas

Resumen Estadístico para Proteínas

| Harina de Haba | Recuento | Promedio | Desviación Estándar | Coefficiente de Variación | Mínimo | Máximo |
|----------------|----------|----------|---------------------|---------------------------|--------|--------|
| Amarilla | 3 | 17.09 | 0.885042 | 5.17871% | 16.21 | 17.98 |
| Peruanita | 3 | 18.9667 | 0.195533 | 1.03093% | 18.75 | 19.13 |
| Verde | 3 | 18.68 | 0.56 | 2.99786% | 18.12 | 19.24 |
| Total | 9 | 18.2456 | 1.02484 | 5.61694% | 16.21 | 19.24 |

Tabla ANOVA para Proteínas por Harina de Haba

| Fuente | Suma de Cuadrados | Gl | Cuadrado Medio | Razón-F | Valor-P |
|---------------|-------------------|----|----------------|-------------|---------------|
| Entre grupos | 6.13216 | 2 | 3.06608 | 8.10 | 0.0197 |
| Intra grupos | 2.27027 | 6 | 0.378378 | | |
| Total (Corr.) | 8.40242 | 8 | | | |

Pruebas de Múltiple Rangos para Proteínas por Harina de Haba

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

| Harina de Haba | Casos | Media | Grupos Homogéneos |
|----------------|-------|---------|-------------------|
| Amarilla | 3 | 17.09 | a |
| Verde | 3 | 18.68 | b |
| Peruanita | 3 | 18.9667 | b |

| Contraste | Sig. | Diferencia | +/- Límites |
|----------------------|------|-----------------|-------------|
| Amarilla - Peruanita | * | -1.87667 | 1.54104 |
| Amarilla - Verde | * | -1.59 | 1.54104 |
| Peruanita - Verde | | 0.286667 | 1.54104 |

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 16. ANOVA y rangos múltiples de Tukey HSD de grasa

Resumen Estadístico para grasa

| Harina de haba | Recuento | Promedio | Desviación Estándar | Coefficiente de Variación | Mínimo | Máximo |
|----------------|----------|----------|---------------------|---------------------------|--------|--------|
| Amarilla | 3 | 1.95667 | 0.0152753 | 0.780677% | 1.94 | 1.97 |
| Peruanita | 3 | 1.88333 | 0.143643 | 7.62707% | 1.72 | 1.99 |
| Verde | 3 | 1.78 | 0.183303 | 10.2979% | 1.62 | 1.98 |
| Total | 9 | 1.87333 | 0.139732 | 7.459% | 1.62 | 1.99 |

Tabla ANOVA para grasa por Harina de haba

| Fuente | Suma de Cuadrados | Gl | Cuadrado Medio | Razón-F | Valor-P |
|---------------|-------------------|----|----------------|-------------|---------------|
| Entre grupos | 0.0472667 | 2 | 0.0236333 | 1.30 | 0.3392 |
| Intra grupos | 0.108933 | 6 | 0.0181556 | | |
| Total (Corr.) | 0.1562 | 8 | | | |

Pruebas de Múltiple Rangos para grasa por Harina de haba

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

| Harina de haba | Casos | Media | Grupos Homogéneos |
|----------------|-------|---------|-------------------|
| Verde | 3 | 1.78 | a |
| Peruanita | 3 | 1.88333 | a |
| Amarilla | 3 | 1.95667 | a |

| Contraste | Sig. | Diferencia | +/- Límites |
|----------------------|------|------------|-------------|
| Amarilla - Peruanita | | 0.0733333 | 0.337564 |
| Amarilla - Verde | | 0.176667 | 0.337564 |
| Peruanita - Verde | | 0.103333 | 0.337564 |

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 17. ANOVA y rangos múltiples para la ceniza

Resumen Estadístico para ceniza

| Harina de haba | Recuento | Promedio | Desviación Estándar | Coefficiente de Variación | Mínimo | Máximo |
|----------------|----------|----------|---------------------|---------------------------|--------|--------|
| Amarilla | 3 | 2.13 | 0.0916515 | 4.30289% | 2.03 | 2.21 |
| Peruanita | 3 | 2.29 | 0.08 | 3.49345% | 2.21 | 2.37 |
| Verde | 3 | 2.50333 | 0.113725 | 4.54294% | 2.41 | 2.63 |
| Total | 9 | 2.30778 | 0.182331 | 7.9007% | 2.03 | 2.63 |

Tabla ANOVA para ceniza por Harina de haba

| Fuente | Suma de Cuadrados | Gl | Cuadrado Medio | Razón-F | Valor-P |
|---------------|-------------------|----|----------------|--------------|---------------|
| Entre grupos | 0.210489 | 2 | 0.105244 | 11.38 | 0.0091 |
| Intra grupos | 0.0554667 | 6 | 0.00924444 | | |
| Total (Corr.) | 0.265956 | 8 | | | |

Pruebas de Múltiple Rangos para ceniza por Harina de haba

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

| Harina de haba | Casos | Media | Grupos Homogéneos |
|----------------|-------|---------|-------------------|
| Amarilla | 3 | 2.13 | a |
| Peruanita | 3 | 2.29 | ab |
| Verde | 3 | 2.50333 | b |

| Contraste | Sig. | Diferencia | +/- Límites |
|----------------------|------|------------------|-------------|
| Amarilla - Peruanita | | -0.16 | 0.240875 |
| Amarilla - Verde | * | -0.373333 | 0.240875 |
| Peruanita - Verde | | -0.213333 | 0.240875 |

* indica una diferencia significativa.

Anexo 18. ANOVA y rangos múltiples para la fibra

Resumen Estadístico para fibra

| Harina de haba | Recuento | Promedio | Desviación Estándar | Coefficiente de Variación | Mínimo | Máximo |
|----------------|----------|----------|---------------------|---------------------------|--------|--------|
| Amarilla | 3 | 0.46 | 0.05 | 10.8696% | 0.41 | 0.51 |
| Peruanita | 3 | 0.55 | 0.0556776 | 10.1232% | 0.49 | 0.6 |
| Verde | 3 | 0.38 | 0.04 | 10.5263% | 0.34 | 0.42 |
| Total | 9 | 0.463333 | 0.085 | 18.3453% | 0.34 | 0.6 |

Tabla ANOVA para fibra por Harina de haba

| Fuente | Suma de Cuadrados | Gl | Cuadrado Medio | Razón-F | Valor-P |
|---------------|-------------------|----|----------------|-------------|---------------|
| Entre grupos | 0.0434 | 2 | 0.0217 | 9.04 | 0.0155 |
| Intra grupos | 0.0144 | 6 | 0.0024 | | |
| Total (Corr.) | 0.0578 | 8 | | | |

Pruebas de Múltiple Rangos para fibra por Harina de haba

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

| Harina de haba | Casos | Media | Grupos Homogéneos |
|----------------|-------|-------|-------------------|
| Verde | 3 | 0.38 | a |
| Amarilla | 3 | 0.46 | ab |
| Peruanita | 3 | 0.55 | b |

| Contraste | Sig. | Diferencia | +/- Límites |
|----------------------|------|-------------|-------------|
| Amarilla - Peruanita | | -0.09 | 0.122732 |
| Amarilla - Verde | | 0.08 | 0.122732 |
| Peruanita - Verde | * | 0.17 | 0.122732 |

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 19. ANOVA y rangos múltiples para los carbohidratos

Resumen Estadístico para carbohidratos

| Harina de haba | Recuento | Promedio | Desviación Estándar | Coefficiente de Variación | Mínimo | Máximo |
|----------------|----------|----------|---------------------|---------------------------|--------|--------|
| Amarilla | 3 | 68.59 | 1.11745 | 1.62918% | 67.92 | 69.88 |
| Peruanita | 3 | 66.24 | 0.756241 | 1.14167% | 65.51 | 67.02 |
| Verde | 3 | 67.53 | 0.885042 | 1.31059% | 66.89 | 68.54 |
| Total | 9 | 67.4533 | 1.2999 | 1.92712% | 65.51 | 69.88 |

Tabla ANOVA para carbohidratos por Harina de haba

| Fuente | Suma de Cuadrados | Gl | Cuadrado Medio | Razón-F | Valor-P |
|---------------|-------------------|----|----------------|-------------|---------------|
| Entre grupos | 8.3102 | 2 | 4.1551 | 4.79 | 0.0572 |
| Intra grupos | 5.2078 | 6 | 0.867967 | | |
| Total (Corr.) | 13.518 | 8 | | | |

Pruebas de Múltiple Rangos para carbohidratos por Harina de haba

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

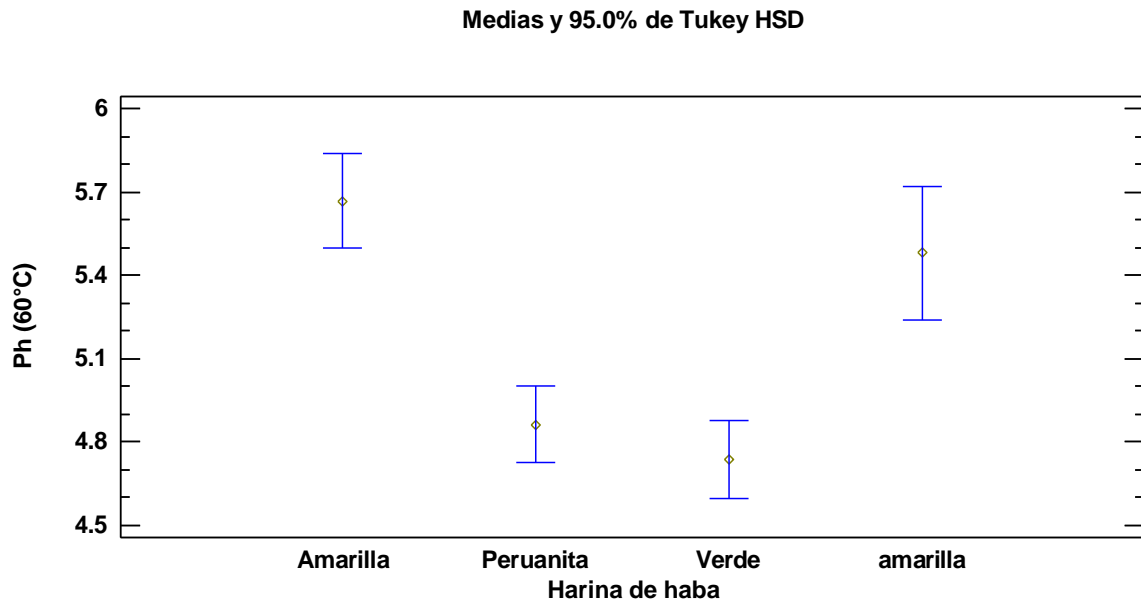
| <i>Harina de haba</i> | <i>Casos</i> | <i>Media</i> | <i>Grupos Homogéneos</i> |
|-----------------------|--------------|--------------|--------------------------|
| Peruanita | 3 | 66.24 | b |
| Verde | 3 | 67.53 | ab |
| Amarilla | 3 | 68.59 | a |

| <i>Contraste</i> | <i>Sig.</i> | <i>Diferencia</i> | <i>+/- Límites</i> |
|----------------------|-------------|-------------------|--------------------|
| Amarilla - Peruanita | * | 2.35 | 2.33401 |
| Amarilla - Verde | | 1.06 | 2.33401 |
| Peruanita - Verde | | -1.29 | 2.33401 |

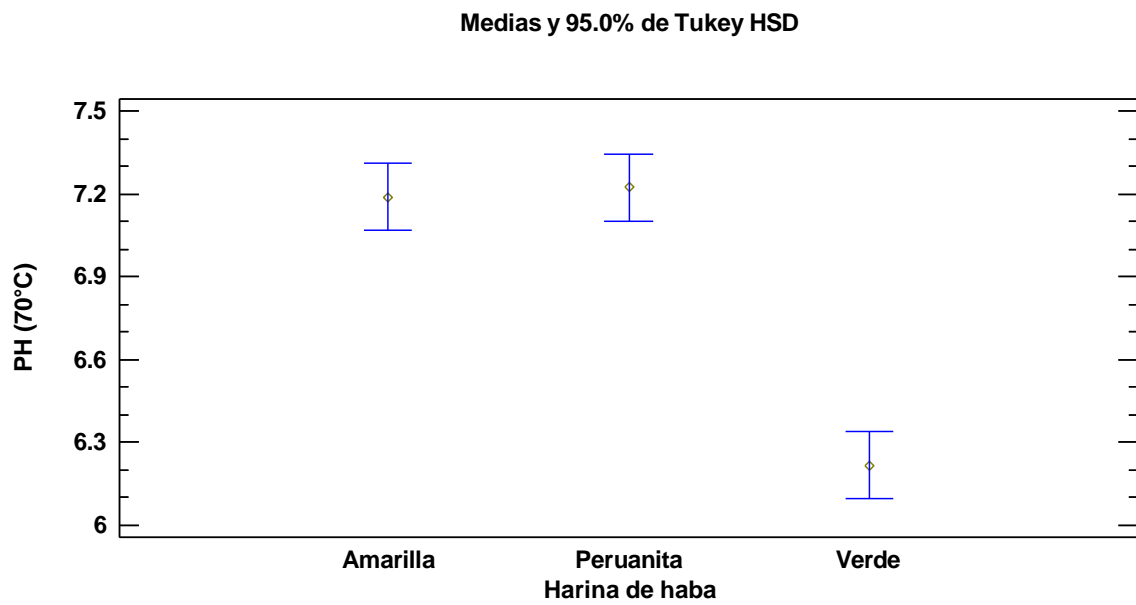
* indica una diferencia significativa

ANEXOS

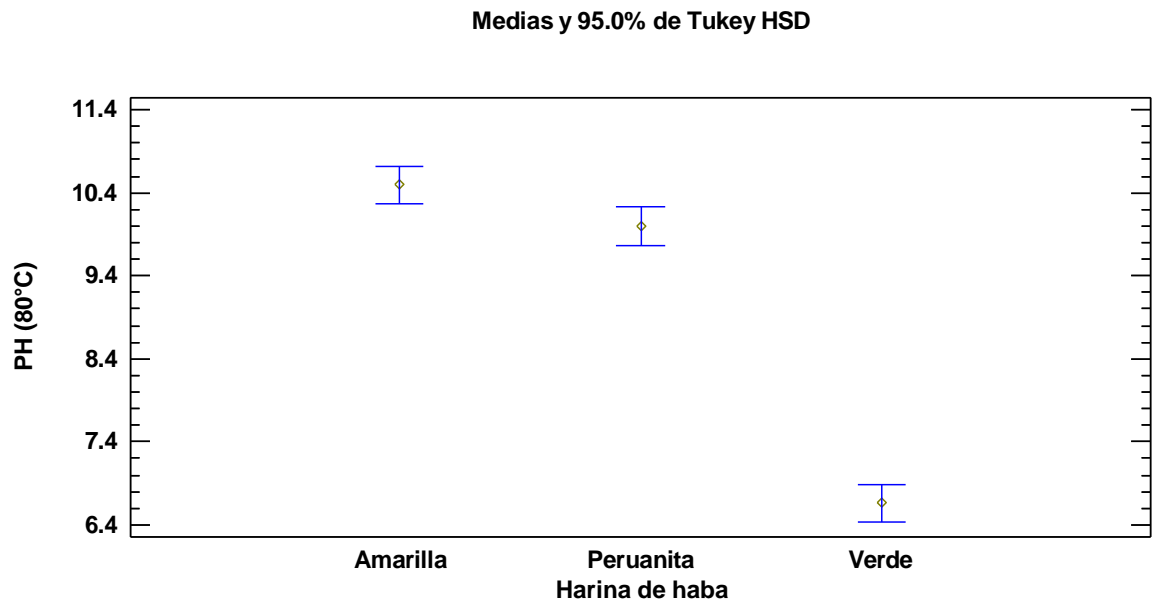
Anexo 1. Figura de medias para poder de hinchamiento a 60 °C



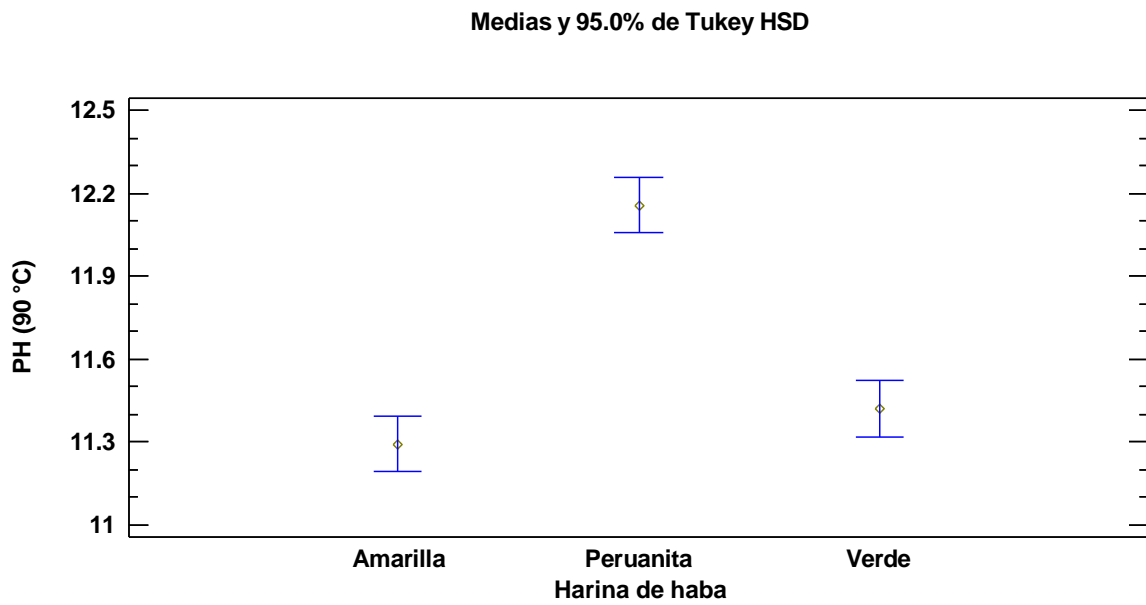
Anexo 2. Figura de medias para poder de hinchamiento a 70 °C



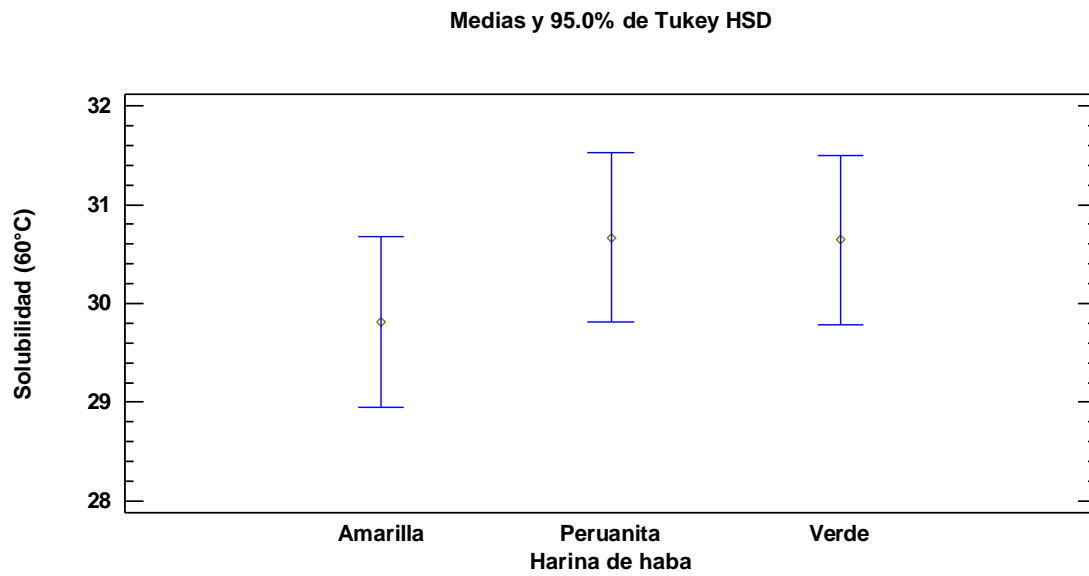
Anexo 3. Figura de medias para poder de hinchamiento a 80 °C



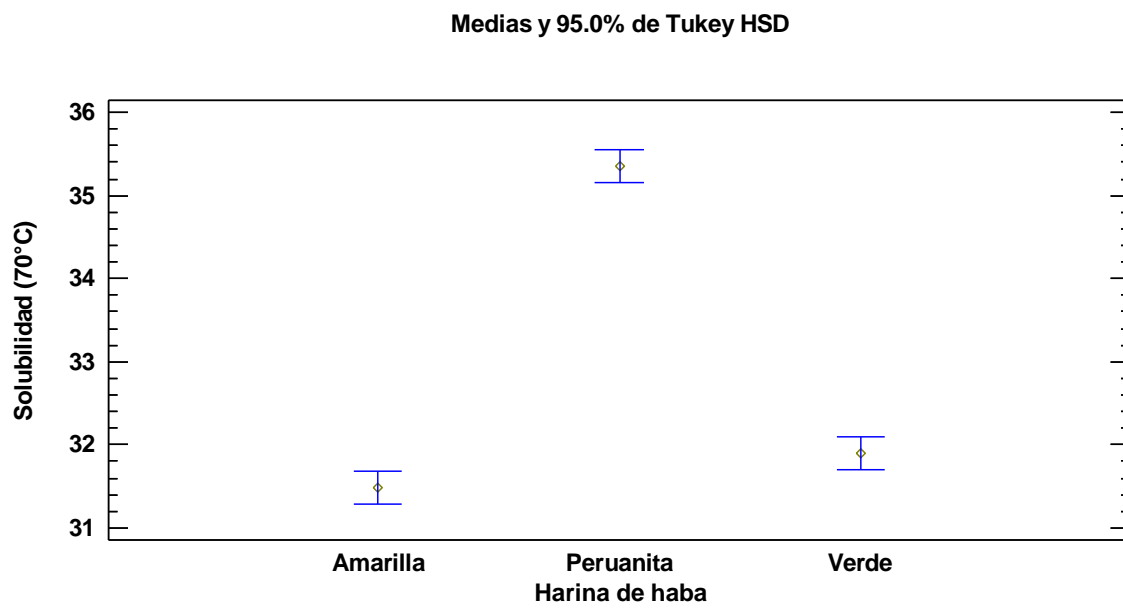
Anexo 4. figura de medias para poder de hinchamiento a 90 °C



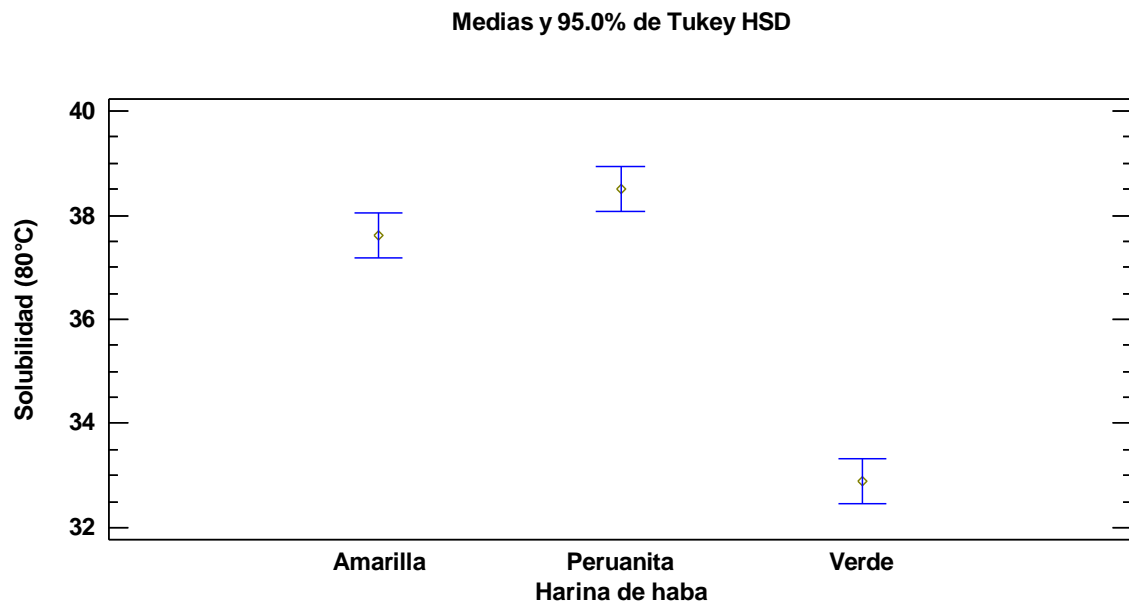
Anexo 5. Figura de medias para índice solubilidad a 60 °C



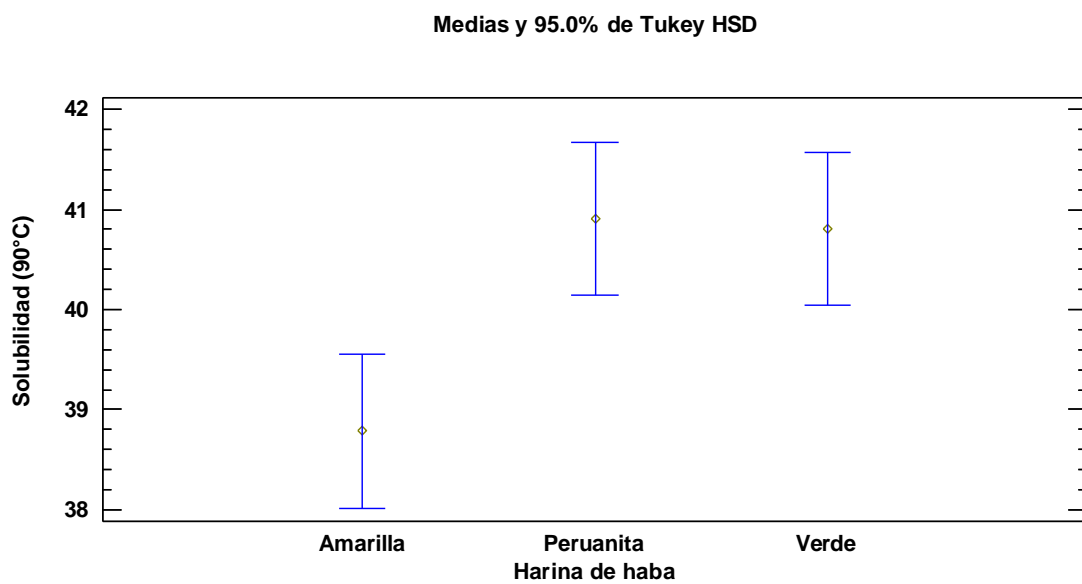
Anexo 6. figura de medias para índice solubilidad a 70 °C



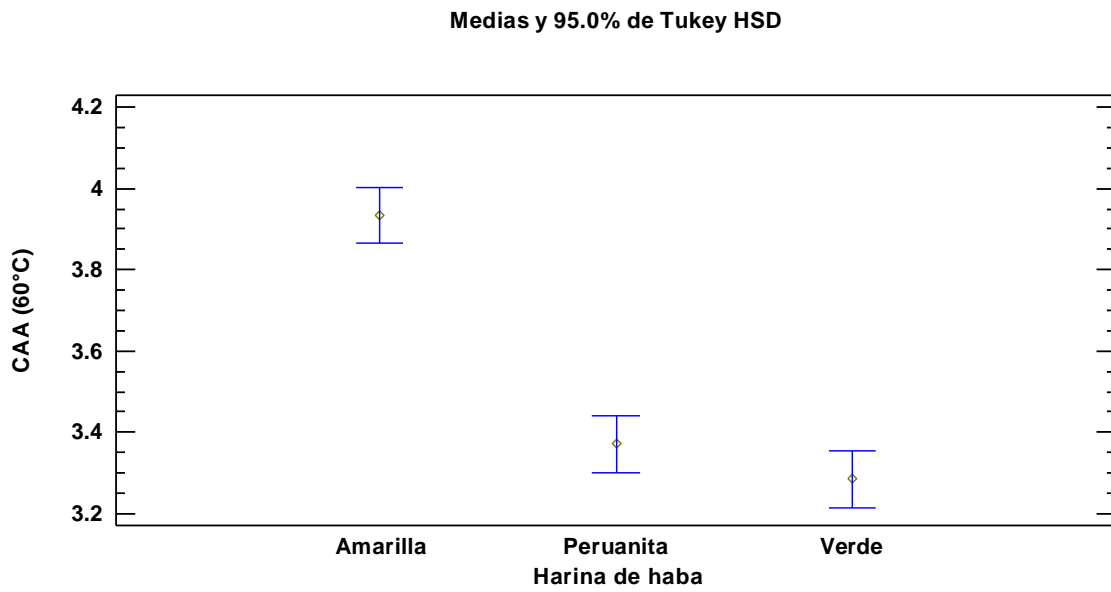
Anexo 7. Figura de medias para índice solubilidad a 80 °C



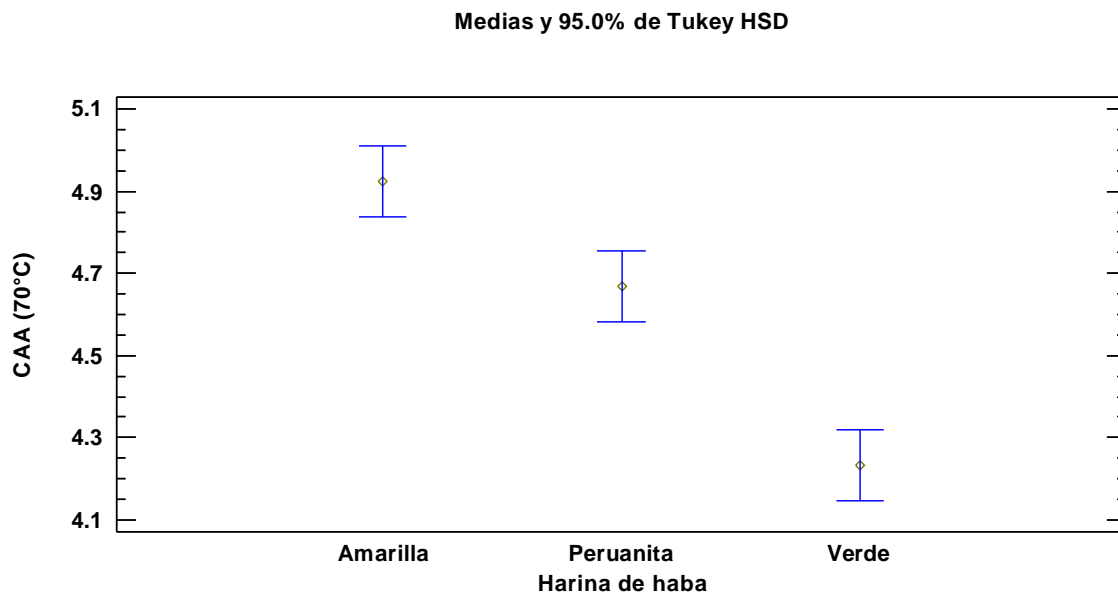
Anexo 8. figura de medias para índice solubilidad a 90 °C



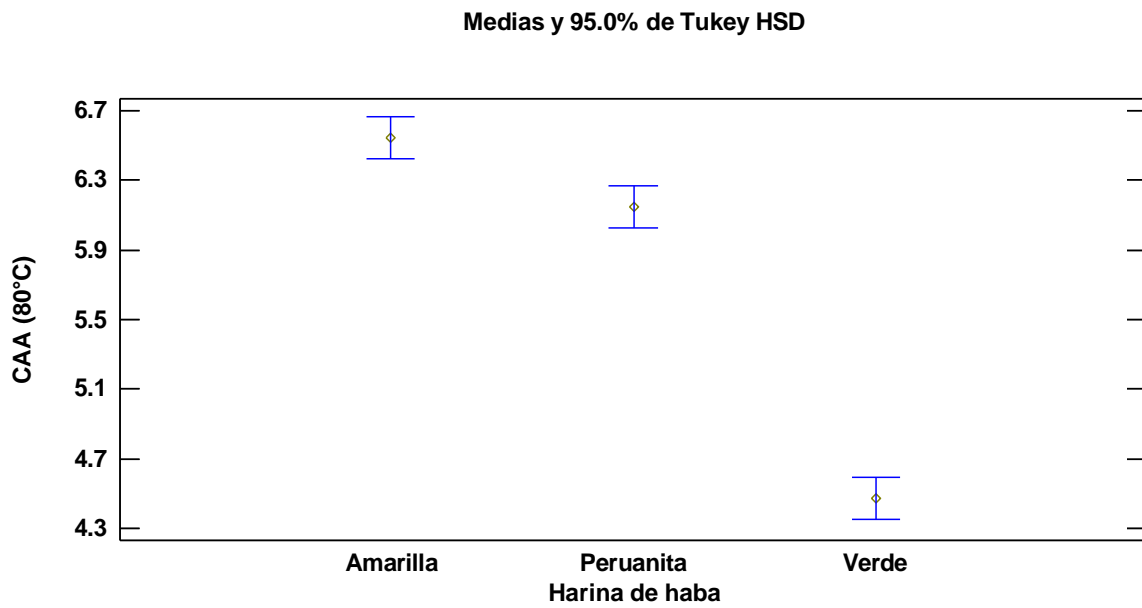
Anexo 9. Figura de medias para capacidad absorción de agua a 60 °C



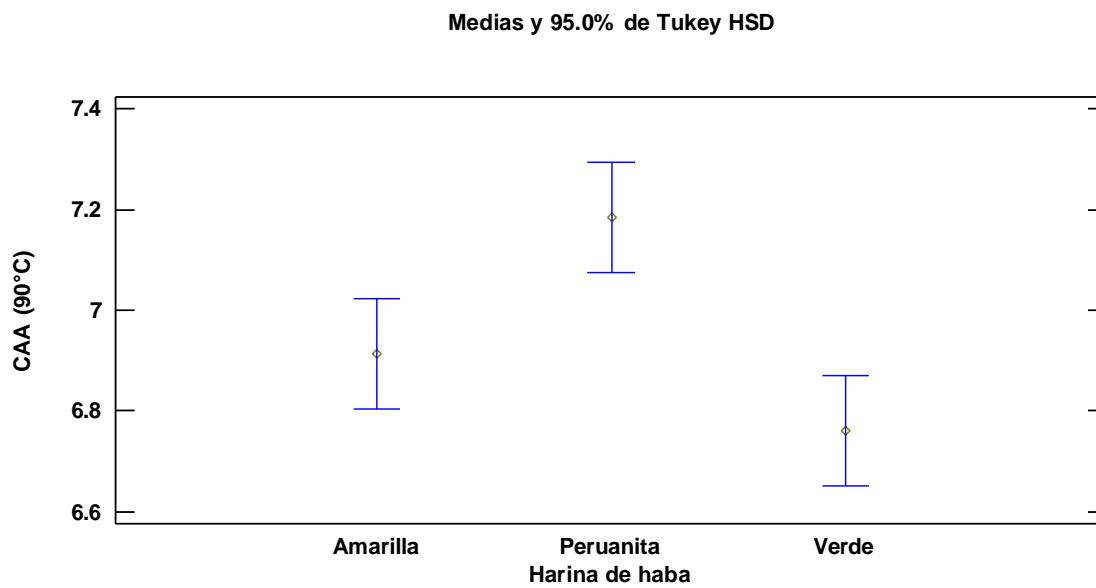
Anexo 10. Figura de medias para capacidad absorción de agua a 70 °C



Anexo 11. Figura de medias para capacidad absorción de agua a 80 °C



Anexo 12. Figura de medias para capacidad absorción de agua a 90 °C



Anexo 13. Informe de laboratorio de la composición proximal de las harinas de haba.



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

Nº0530-23-LAQ

SOLICITANTE : ROSMERI CASTRO LIZAMA

INSTITUCION : UNIVERSIDAD NACIONAL JOSE MARIA ARGUEDAS-ANDAHUAYLAS

MUESTRA : HARINA DE HABA
1.- VARIEDAD AMARILLA
2.- VARIEDAD PERUANITA
3.- VARIEDAD VERDE

FECHA : C/06/12/2023

RESULTADO ANALISIS FISICOQUIMICO:

| | VARIEDAD AMARILLA | VARIEDAD PERUANITA | VARIEDAD VERDE |
|-----------------|-------------------|--------------------|----------------|
| Humedad % | 10,23 | 10,62 | 9,68 |
| Proteína % | 17,09 | 18,97 | 18,51 |
| Grasa % | 1,96 | 1,88 | 1,78 |
| Ceniza % | 2,13 | 2,29 | 2,50 |
| Fibra % | 0,46 | 0,55 | 0,38 |
| Carbohidratos % | 68,59 | 66,24 | 67,53 |

Métodos: AOAC 964.22, AOAC 955.04, AOAC 920.39, AOAC 942.05, y AOAC 962.09

Cusco, 23 de Diciembre 2023

Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco
Unidad de Prestación de Servicios de Análisis

Melquiades Herrera Arivilca
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO

Anexo 14. Obtención de la harina de haba de las tres variedades



Imagen 1. Muestra de harina variedad amarilla

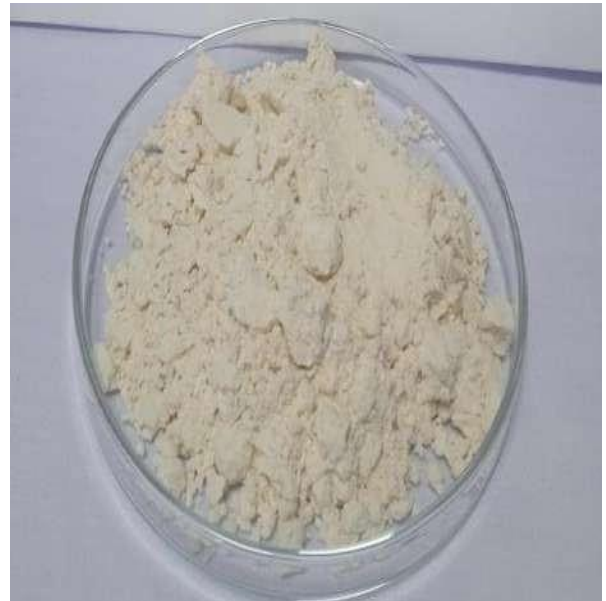


Imagen 2. Muestra de harina variedad peruanita



Figura 3. Muestra de harina variedad Verde

Anexo 15. Preparación de muestras para la espectroscopía infrarroja por transformada de fourier.



Imagen 4. Proceso de pesado



Imagen 5. Bromo de potasio



Imagen 6. Homogenizado de harina con bromuro de potasio



Imagen 7. Molde para formar el pellet

Anexo 16. Determinación de poder de hinchamiento, solubilidad y capacidad de absorción de agua.



Imagen 9. Pesado de muestras de harina



Imagen 10. Introducir el agua a la muestra



Imagen 11. Homogenizado de harina con agua en vortex



Imagen 12. Calentamiento de muestra a (60,70,80 y 90) por 30 min



Imagen 13. Centrifugado a temperatura ambiente por 15 min



Imagen 14. Separación de líquido del gel

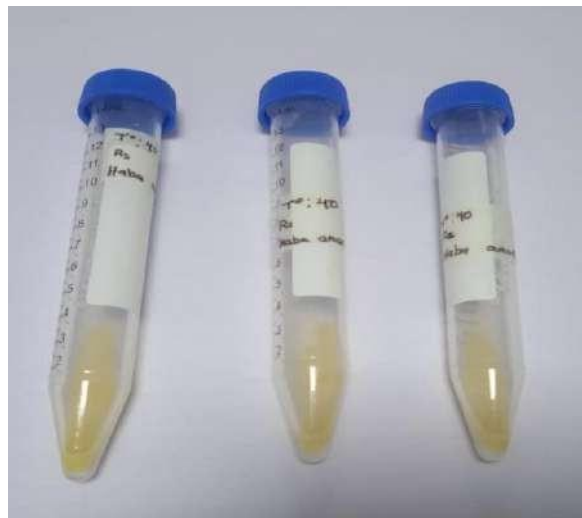


Imagen 15. Gel separado del líquido

Anexo 5. Capacidad de emulsificantes de las harinas de tres variedades haba



Imagen 16. Pesado de muestras



Imagen 17. Preparación de muestra



Imagen 18. Se mezcla muestra hasta homogenizar



Imagen 19. Se realizó el proceso en ultraturrax a 10000 rpm hasta formar la espuma

Anexo 6. Determinación de análisis termogravimétrico



Imagen 21. Pesado de la muestra



Imagen 22. Horno para determinar el calentamiento

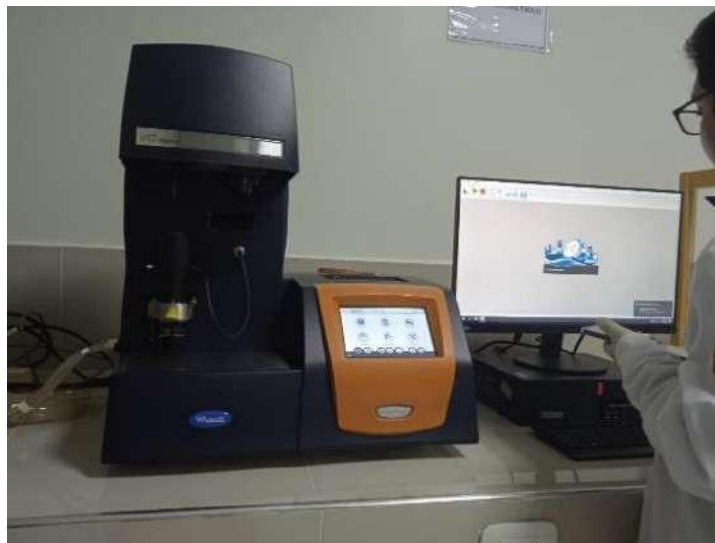


Imagen 23. Equipo de análisis termogravimétrico

Anexo 6. Calorimetría diferencial de barrido en las harinas de tres variedades haba



Imagen 25. Homogenizado de muestra



Imagen 26. Muestra preparada en eppendrom



Imagen 27. Sellado de charola con muestra

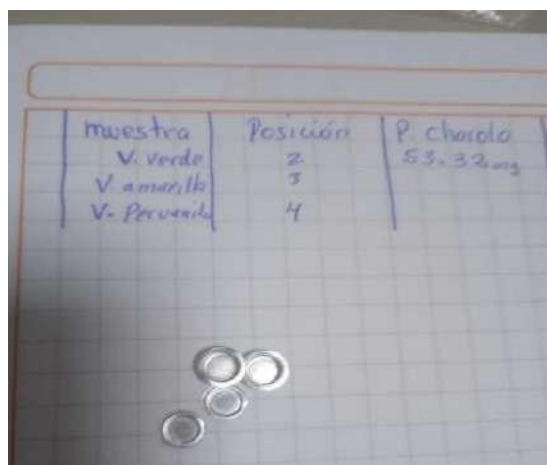


Imagen 28. Posición de muestra que se introducido al equipo



Imagen 30. Lector del análisis de DSC

Anexo 7. Matriz de consistencia

| | Formulación de problema | Objetivos | Hipótesis | Variables | Dimensión /indicadores | Técnicas | Instrumento | Metodología |
|-----------|--|---|---|---|--|--|---|--|
| G | ¿Cómo son las propiedades estructurales, funcional, comportamiento térmico y composición proximal de las harinas de tres variedades de haba (<i>Vicia faba</i> L.) producidas en la región de Apurímac? | Evaluar las propiedades estructurales, tecnofuncionales, comportamiento térmico y composición proximal de las harinas de tres variedades de haba (<i>Vicia faba</i> L.) producidas en la región de Apurímac. | Las tres variedades de harina de haba (<i>Vicia faba</i> L.) producidas en la región Apurímac presentan diferencia significativa en cuanto a sus propiedades estructurales, tecnofuncionales, comportamiento térmico y composición proximal | Procesos de degradación | ✓ Temperatura | Calentamiento | ✓ Calorímetro | Enfoque: cuantitativo Tipo: aplicada Diseño: Experimental Población: harina de haba de la región Apurímac Muestra: 3 variedades de harina de haba de la región Apurímac. |
| E1 | ¿Cómo son las propiedades estructurales de las harinas de tres variedades de haba (<i>Vicia faba</i> L.) producidas en la región Apurímac? | Determinar las propiedades estructurales con la técnica espectroscopia infrarrojo por transformada de furrier (FT-IR) de las harinas de tres variedades de haba (<i>Vicia faba</i> L.) producidas en la región Apurímac. | Las tres variedades de harina de haba (<i>Vicia faba</i> L.) presentan diferencias en las propiedades estructurales en cuanto a los grupos funcionales. | Variable dependiente 1: propiedades estructurales | ✓ Grupos hidroxilo (-OH) ✓ Grupo carbonilo (-CH ₂) ✓ Grupo amida (I, II) (-NH ₂) | Espectroscopio | ✓ FTIR: Espectroscopia infrarroja con transformada de Fourier | Apurímac. Método: analítico |
| E2 | ¿Cómo son las propiedades tecnofuncionales de las harinas de tres variedades de haba (<i>Vicia faba</i> L.) producidas en la región Apurímac? | Determinar las propiedades tecnofuncionales de las harinas tres variedades de haba (<i>Vicia faba</i> L.) producidas en la región Apurímac | Las tres variedades de haba (<i>Vicia faba</i> L.) muestran variación en el poder de hinchamiento, índice solubilidad, capacidad de absorción de agua y capacidad emulsionante mostrando las diferencias significativas en sus propiedades tecnofuncionales. | V dependiente 2: Propiedades tecnofuncionales | ✓ Capacidad de absorción de agua. ✓ Poder de hinchamiento. ✓ Índice de solubilidad. ✓ Capacidad de emulsificante. | ✓ Técnica del gramaje ✓ Técnica del centrifugado ✓ Técnica volumétrica | ✓ Balanza ✓ Centrifuga ✓ Estufa ✓ botex | |

| | | | | | | | |
|-----------|--|---|--|--|---|---|---|
| E3 | ¿Cómo es el comportamiento térmico de las harinas de tres variedades de haba (<i>Vicia faba L.</i>) producidas en la región de Apurímac? | Determinar el comportamiento térmico con la técnica de termogravimétrica (TGA) y calorimetría diferencial de barrido (DSC) de harinas de tres variedades de haba (<i>Vicia faba L.</i>) producidas en la región Apurímac. | Las tres variedades de la harina de haba (<i>Vicia faba L.</i>) muestran diferencias significativas en el comportamiento térmico con la temperatura de gelatinización, entalpia de vitrea, calor específico y la degradación de térmica. | V dependiente 3: Análisis térmico y calorimetría diferencial de barrido. | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Entalpia de gelatinización. ✓ Calor específico. ✓ Temperatura de transición vítrea ✓ Temperatura de descomposición | Térmico / Gravimétrico Térmico/ Gravimétrico | <ul style="list-style-type: none"> ✓ TGA: Análisis Termogravimétrico ✓ DSC: Calorímetro Diferencial de Barrido |
| E4 | ¿Cómo es la composición proximal de las harinas de tres variedades de haba (<i>Vicia faba L.</i>) producidas en la región Apurímac? | Determinar la composición proximal (humedad, carbohidratos, proteínas cenizas, fibra y grasa) de las harinas de tres variedades de haba (<i>Vicia faba L.</i>) producidas en la región de Apurímac | Existen diferencias significativas en la composición proximal de las harinas de tres variedades de haba (<i>Vicia faba L.</i>) | V. Dependiente 3: composición proximal | <ul style="list-style-type: none"> Humedad Proteínas Grasa Ceniza Fibra Carbohidratos | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Método de secado ✓ Método Kjeldahl ✓ Método Soxhlet ✓ Método de incineración | <ul style="list-style-type: none"> Método estándar de AOAC 964.22 Método Kjeldahl de acuerdo al método 955.04 de la OAAC. Método soxhlet por la AOAC 920.39 Método de la AOAC 942.05 Método de la AOAC 962.09. La determinación de carbohidratos es la suma proteína, fibra, grasas, humedad, cenizas |