UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA

CARRERA DE ALIMENTOS

Tema: Construcción de las curvas de la cinética de secado y caracterización de harina de los frutos de *Margyricarpus pinnatus* (Lam.) Kuntze como base para la industria galletera

---

Informe Final del Trabajo de Titulación, Opción Proyecto de Investigación, previo la obtención del título de Ingeniera en Alimentos, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

Autor: Lisbeth Magali Guamani Guano

Tutor: Mg. María Eugenia García Pazmiño

Ambato – Ecuador

Febrero - 2025

APROBACIÓN DEL TUTOR

Mg. María Eugenia García Pazmiño

CERTIFICA:

Que el presente Informe Final del Trabajo de Titulación ha sido prolijamente revisado. Por lo tanto, autorizo la presentación de este Informe Final del Trabajo de Titulación, Opción Proyecto de Investigación, el mismo que responde a las normas establecidas en el reglamento de Títulos y Grados de la Facultad de Ciencia de Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

Ambato, 16 de enero del 2025



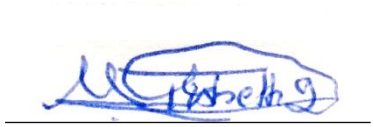
Mg. María Eugenia García Pazmiño

210024505

TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Lisbeth Magali Guamani Guano, manifiesto que los resultados obtenidos en el presente Informe Final de Trabajo de Titulación, Opción Proyecto de Investigación, previo a la obtención de título de Ingeniera en Alimentos, son absolutamente originales, auténticos y personales; a excepción de las citas bibliográficas.



Lisbeth Magali Guamani Guano

0550151625

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este Informe Final del Trabajo de Titulación o parte de él, un documento disponible para su lectura, proceso de integración, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Informe de Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y realice respetando mis derechos de autor.



Lisbeth Magali Guamani Guano

0550151625

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos Profesores Calificadores, aprueban el presente Informe Final de Trabajo de Titulación, Opción Proyecto de Investigación, el mismo que ha sido elaborado de conformidad con las disposiciones emitidas por la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología de la Universidad Técnica de Ambato.

Para constancia firman**:**

Firmado electrónicamente por:
MANUEL ISRAEL GUANOQUIZA RIVERA

Presidente del Tribunal

Firmado electrónicamente por:
RODNY DAVID PEÑAFIEL AYALA

Dr. Rodny David Peñafiel Ayala

1712283520

Firmado electrónicamente por:
SANTIAGO ESMIRO CADENA CARRERA

Dr. Santiago Esmiro Cadena Carrera

1715602593

Ambato, 30 de Enero del 2025

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a mi persona, por cada desvelada, por cada esfuerzo, por ser valiente ante los malos momentos y no rendirme a pesar de los obstáculos que la vida me haya puesto.
A Dios que sin duda alguna siempre estuvo conmigo.
A mis padres y hermanos, por ser un apoyo incondicional durante todas las etapas de mi vida.
A mi esposo por su compresión y apoyo.
De igual manera a un pequeño ser que vive dentro de mí y se ha ganado mi corazón entero.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme la salud y la vida, por nunca abandonarme ante todo momento y darme fuerzas para levantarme cada día.

A mis padres porque siempre creyeron en mí y me apoyaron durante esta etapa, a mi padre que ha sido un gran ejemplo de amor y comprensión, a mi madre por sus consejos y enseñanzas.

A mi compañero de vida por su amor, apoyo y comprensión brindada durante esta etapa, y al pequeño milagro de la vida por acompañarme cada día y a pesar de ser tan pequeño enseñarme el valor de la vida y ser el motivo para no rendirme.

A mi hermana que sido como una segunda madre gracias por su ayuda, palabras de aliento y siempre estar para mí. A mi cuñado considerado como un hermano por el apoyo brindado. A mi hermano pequeño que fue mi motivación e inspiración.

A mi tutora, Ing. María Eugenia García a pesar del poco tiempo compartido, le agradezco por su paciencia, confianza, comprensión y consejos brindados que me ayudaron en estos dos procesos de mi vida.

A mis mejores amigas Alison e Isabel con quien compartí momentos inolvidables haciendo más bonita esta etapa, gracias por sus ocurrencias, consejos y compañía brindada como compañeras, amigas y rumis. A querida amiga Kimberly por su bonita amistad y momentos compartidos. Gracias por valiosa amistad amigas.

También a los seres de 4 patas que son parte de mi familia, gracias por alegrarme todos los días.

Finalmente, con gran orgullo y satisfacción agradezco a la Universidad Técnica de Ambato por abrirme sus puertas desde el primer día, a sus docentes por la enseñanza, a mis compañeros y amigos que hice dentro de ella.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN iii
DERECHOS DE AUTOR iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO v
DEDICATORIA vi
AGRADECIMIENTO vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS viii
ÍNDICE DE TABLAS xi
ÍNDICE DE FIGURAS xii
ÍNDICE DE ANEXOS xiii
RESUMEN EJECUTIVO xiv
ABSTRACT xv
CAPITULO I.- MARCO TEÓRICO 1
1.1 Antecedentes investigativos 1
1.1.1 Justificación 1
1.1.2 Descripción familia Rosaceae 2
1.1.3 Descripción de *Margyricarpus pinnatus* (Lam.) Kuntze 2
1.1.4 Composición químicas y nutricionales de *Margyricarpus pinnatus* (Lam.) Kuntze 4
1.1.5 Secado de los alimentos 5
1.1.6 Harinas no convencionales 7
1.1.7 Parámetros de las propiedades fisicoquímicas en harinas 8
1.1.8 Parámetros de las propiedades tecnológicas en harinas 8
1.1.9 Parámetros de las propiedades reológicas en harinas 10
1.1.10 Parámetros de las propiedades proximales en harinas 11
1.2 Objetivos 13

1.2.1 Objetivo general 13
1.2.2 Objetivos específicos 13
CAPITULO II.- METODOLOGÍA 14
1.1 Materiales, Equipos, Reactivos. 14
1.2 Obtención de harina de los frutos de *Margyricarpus pinnatus* (Lam.) Kuntze por secado a 50, 55 y 60 °C.. 15
1.2.1 Obtención de materia prima 15
1.2.2 Preparación de la materia prima 15
1.2.3 Secado y elaboración de la harina 15
1.3 Comparación del efecto de las temperaturas a través de las curvas de la cinética de secado. 16
1.4 Evaluación de las propiedades fisicoquímicas, reológicas, tecnológicas y la composición proximal de la harina obtenida de los frutos de *Margyricarpus pinnatus* (Lam.) Kuntze 16
1.4.1 Evaluación de las propiedades fisicoquímicas 17
1.4.1 Evaluación de las propiedades reológicas 18
1.4.2 Evaluación de las propiedades tecnológicas 19
1.4.3 Evaluación de la composición proximal. 21
CAPITULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN 24
2.1 Obtención de harina de los frutos de *Margyricarpus pinnatus* (Lam.) Kuntze por secado a 50, 55 y 60 °C.24
2.1.1 Elaboración de la harina 24
2.2 Comparación del efecto de las temperaturas a través de las curvas de la cinética de secado. 26
2.2.1 Curva de velocidad de secado 28
2.3 Evaluación de las propiedades fisicoquímicas, reológicas, tecnológicas y la composición proximal de la harina obtenida de los frutos de *Margyricarpus pinnatus* (Lam.) Kuntze 29
2.3.1 Evaluación de las propiedades fisicoquímicas 29
2.3.1 Evaluación de las propiedades reológicas 32
2.3.2 Evaluación propiedades tecnológicas 35
2.3.3 Evaluación de la composición proximal. 38

CAPITULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 42
3.1 CONCLUSIONES 42
3.2 RECOMENDACIONES 42
MATERIALES DE REFERENCIA 44
ANEXOS.. 54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica de *Margyricarpus pinnatus* (Lam.) O Kuntze. 3

Tabla 2. Concentración del potencial antioxidante en *Margyricarpus pinnatus* en extracto y microencapsulado 4

Tabla 3. Concentración de minerales en materia seca e infusión de *M. pinnatus*, n=15. 5

Tabla 4. Materiales, equipos y reactivos utilizados para la elaboración de harina de los frutos de *Margyricarpus pinnatus* (Lam.) Kuntze 14

Tabla 5. Rendimiento de la harina obtenida en cada proceso..... 25

Tabla 6. Parámetros fisicoquímicos de la harina de los frutos de *Margyricarpus pinnatus* (Lam.) Kuntze deshidratados a tres temperaturas. 29

Tabla 7. Porcentaje de retención en cada tamiz de la harina de los frutos de *Margyricarpus pinnatus* (Lam.) Kuntze deshidratados a tres temperaturas. 30

Tabla 8. Parámetros fisicoquímicos (Color) de la harina de los frutos de *Margyricarpus pinnatus* (Lam.) Kuntze deshidratados a tres temperaturas. 31

Tabla 9. Propiedades reológicas de la harina de los frutos de *Margyricarpus pinnatus* (Lam.) Kuntze deshidratada a 60°C, análisis en Mixolab. 33

Tabla 10. Propiedades tecnológicas de la harina de los frutos de *Margyricarpus pinnatus* (Lam.) Kuntze deshidratados a tres temperaturas. 35

Tabla 11. Composición proximal de la harina de los frutos de *Margyricarpus pinnatus* (Lam.) Kuntze deshidratados a tres temperaturas. 38

Tabla 12. Composición proximal (fibra dietética, carbohidratos y calorías totales) de la harina de los frutos de *Margyricarpus pinnatus* (Lam.) Kuntze obtenida a 60°C. 41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Curva de cinética de secado de una matriz 7
Figura 2. Diagrama de proceso de elaboración de harina de frutos de *Margyricarpus pinnatus* (Lam.) Kuntze. 24
Figura 3. Curvas de la cinética de secado de los frutos de *Margyricarpus pinnatus* a 50°C. 26
Figura 4. Curvas de la cinética de secado de los frutos de *Margyricarpus pinnatus* a 55 °C. 26
Figura 5. Curvas de la cinética de secado de los frutos de *Margyricarpus pinnatus* a 60°C. 27
Figura 6. Curva de velocidad de secado de los frutos de *Margyricarpus pinnatus* a 50, 55 y 60 °C 29
Figura 7. Color de la harina de los frutos de *Margyricarpus pinnatus* deshidratados a 50, 55 y 60°C 32

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Elaboración de harina de los frutos de *Margyricarpus pinnatus* a 50, 55 y 60 °C..... 54
Anexo 2. Análisis realizados a la harina de los frutos de *Margyricarpus pinnatus*..... 54
Anexo 3. Certificado análisis de proteína, grasa y fibra dietética total (LACONAL)..... 55
Anexo 4. Análisis reológico (MIXOLAB) 57
Anexo 5. Análisis de varianza y método Tukey a 50, 55 y 60°C para determinar diferencias significativas 58

RESUMEN EJECUTIVO

Margyricarpus pinnatus (Lam.) Kuntze es una planta andina tradicional usada en la medicina natural, sin embargo, sus frutos son una buena fuente de investigación dentro de la industria alimentaria. El objetivo de este estudio fue construir las curvas de la cinética de secado y caracterizar las propiedades fisicoquímicas, tecnológicas, reológicas y composición proximal de la harina obtenida utilizando las temperaturas de 50, 55 y 60 grados centígrados por convección forzada. Los resultados determinaron que a 60 grados centígrados el proceso fue más eficiente. Por otra parte, la harina cumplió con la humedad establecida por la normativa INEN 616, una baja actividad de agua, pH cercano a 7, proteína similar a la harina de trigo y elevada capacidad de absorción de aceite esencial en productos horneados. El buen comportamiento reológico, posiciona a la harina como una alternativa viable en la sustitución parcial de harina de trigo para la elaboración de galletas y pan. Las pruebas estadísticas demostraron que la temperatura influyó significativamente sobre los parámetros de: actividad de agua, pH y acidez titulable, humedad, capacidad de absorción de aceite, capacidad emulsificante, capacidad de gelificación, proteína y grasa.

Palabras clave: *Margyricarpus pinnatus*, cinética de secado, caracterización, propiedades fisicoquímicas, propiedades tecnológicas, propiedades reológicas

ABSTRACT

Margyricarpus pinnatus (Lam.) Kuntze is a traditional Andean plant used in natural medicine; however, its fruits are a good source of research within the food industry. The objective of this study was to construct drying kinetics curves and characterize the physicochemical, technological, rheological and proximate composition properties of the flour obtained using temperatures of 50, 55 and 60 degrees Celsius by forced convection. The results determined that at 60 degrees Celsius the process was more efficient. On the other hand, the flour complied with the humidity established by INEN 616, low water activity, pH close to 7, protein similar to wheat flour and high absorption capacity of essential oil in baked products. The good rheological behavior positions the flour as a viable alternative in the partial substitution of wheat flour for the production of cookies and bread. Statistical tests showed that temperature significantly influenced the following parameters: water activity, pH and titratable acidity, moisture, oil absorption capacity, emulsifying capacity, gelling capacity, protein and fat.

Key words: *Margyricarpus pinnatus*, drying kinetics, characterization, physicochemical properties, technological properties, rheological properties.

CAPITULO I.- MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes investigativos

1.1.1 Justificación

Margyricarpus pinnatus (Lam.) Kuntze es una planta medicinal que crece en zonas andinas del Ecuador conocida como nigua, pikiyuyo o perlilla, desde tiempos pasados las comunidades indígenas han utilizado las hojas, tallos y frutos en infusiones por su efecto diurético, astringente y depurativo (**Martínez, 2016**). En un estudio realizado por **Martínez et al. (2015)**, determinaron varios elementos minerales en tallos y hojas de *Margyricarpus pinnatus* por desecación e infusión como: aluminio, bario, calcio, cromo, cobre, hierro, entre otros, en mayor proporción y siendo compuestos que contribuyen a la salud humana. Por otra parte, **García et al. (2009**) estudiaron los frutos y hallaron aceites esenciales junto con sus componentes como sabineno en 24,2%, limoneno en 9,1% y pinocarvona en 9,7%. Así mismo, **Pacheco (2022)** en su investigación demostró que frutos presentan polifenoles con alta actividad antioxidante entre 88,97% y 78,11% determinados por el método in vitro (DPPH).

Por otro lado, los alimentos son indispensables para los seres humanos pero cada año disminuye alrededor de 1300 millones de toneladas, ya sea por los cambios climáticos, plagas, desastres naturales, problemas de almacenamiento, entre otros **(Kamboj & Singh, 2024)**. Considerando lo anterior, se ve la necesidad de aplicar métodos de conservación para reducir dichas pérdidas, cubrir la demanda y promover la seguridad alimentaria. Para ello existen varios métodos usados en distintos alimentos, uno de ellos es el método de secado con aire caliente considerado muy eficiente ya que busca remover la mayor cantidad de agua minimizando el daño y preservando la calidad nutricional del alimento (**Cabascango, 2018**). Sin embargo, el exceso de calor y la larga duración del proceso puede generar daños irreversibles en el alimento tanto en el color, sabor, olor, calidad nutricional, densidad y capacidad de rehidratación (**Sagastibelza, 2018**), además, el mismo autor menciona que es necesario aplicar la cinética de secado para analizar, corregir y predecir la evolución del proceso a través de curvas representativas entre tiempo y humedad.

Considerado las especificaciones antes mencionadas, se estima que los frutos de *Margyricarpus pinnatus* son una gran fuente de investigación dentro de la industria alimentaria, es por ello que se plantea el presente estudio que consiste en obtener las curvas de cinética de secado para determinar el efecto de las temperaturas al momento de deshidratar los frutos por convección forzada a 50, 55 y 60 °C para la elaboración de harina no convencional, considerada como una buena alternativa nutritiva, saludable e

integradora en la dieta de cierto grupo de personas o para el desarrollo de productos con valor agregado **(Sandoval et al., 2024)** enfocado en la industria galletera, buscando aprovechar las propiedades benéficas del fruto y crear productos innovadores. De igual manera, la caracterización de la harina analizando su composición proximal, propiedades fisicoquímicas, tecnológicas y reológicas en base a normativa, siendo parámetros importantes para determinar la calidad, uso y almacenamiento de la misma, y así también, proporcionando datos importantes como base para futuras investigaciones o aplicaciones dentro de la industria galletera u otras áreas relacionadas.

1.1.2 Descripción familia Rosaceae

Esta familia se extiende en gran variedad de flores, árboles, arbustos y hierbas, ya se han perennes, inermes o espinosas, sus hojas se caracterizan por ser alternas, pecioladas, enteras, simples, dentadas, pinnatifidas, estipulas, en ciertos casos con ausencia de hojas y sin floración, sus frutos son comestibles y no comestibles, simples o agregados, secos o carnosos, entre otros (**Novara, 2012**). La mayoría de géneros y especiales que pertenecientes a esta familia no son usados para la forestación de bosques naturales, sino más bien para la alimentación humana especialmente las frutas (manzanos y perales) y especies ornamentales, sus especificaciones botánicas se distinguen por su flor, forma y tamaño del fruto **(Mammadov et al., 2018)**.

En el Ecuador se conocen principalmente por la comercialización de frutos comestibles y flores ornamentales que sobresalen en el mercado, se desarrollan en zonas andinas como páramos y bosques alrededor de los 2000 y 4000 m s.n.m, dividiéndose entre 11 géneros y 70 especies como 38 especies alimenticias, 22 medicinales, 14 materiales, 8 sociales, 7 forestales, 6 combustible y 2 apícola, siendo los géneros más producidos: Rubus, Lachemilla, Prunus y Polylepis **(Romoleroux, 2023).**

1.1.3 Descripción de *Margyricarpus pinnatus* (Lam.) Kuntze

1.1.3.1 Morfología

Es un arbusto de color verde con hojas simples, alternas, aciculares, carnosas y con estipulas pareadas bajo los sépalos, con escasa floración, sus frutos son circulares con forma de manzana de drupa carnosa con coloración blanco o rosa en estado de madurez, poseen un sabor dulce agradable al paladar (**Aguirre et al.,**

2014), forma un arbusto de 20 cm de diámetro y 15 a 30 cm de alto, puede reproducirse de esquejes o nuevos tallos (**Martínez, 2016**).

1.1.3.2 Taxonomía

Tabla 1.

Clasificación taxonómica de *Margyricarpus pinnatus* (Lam.) O Kuntze.

Componentes	Información
Reino	Plantae
División	Tracheophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Rosales
Familia	Rosaceae
Genero	Margyricarpus
Especie	Margyricarpus Pinnatus
Nombre científico	*Margyricarpus pinnatus* (Lam.) Kuntze
Nombre común	Piquiyuyo, Nigua

Nota: Información obtenida de **IBUNAM (2019)** & **Oleas et al. (2016).**

1.1.3.3 Distribución

Margyricarpus pinnatus es de origen argentino y se produce en varios países como Perú, Chile, Bolivia, Ecuador y Uruguay **(Martínez, 2016**). En Ecuador, se distribuye en las provincias como Azuay, Bolívar, Carchi, Cotopaxi, Chimborazo, Napo, Pichincha, Loja y Tungurahua a latitudes entre 1500 a 3500 m s.n.m (**Aguirre et al., 2014**).

1.1.3.4 Usos

Uso tradicional

En la medicina popular las hojas y tallos de *Margyricarpus pinnatus* se usan para tratar enfermedades como el sarampión, la viruela y la Dalea *coeruela* proveniente de la pulmonía, problemas respiratorios e

infecciones causadas por virus y bacterias (**De la Torre et al., 2008**). Además, se usan para tratar afecciones renales y dolores estomacales por su efecto diurético, cicatrizante, antinflamatorio, astringente, antiespasmódico, depurativo y emoliente (**Cordero et al., 2017**). Por otro lado, en las zonas andinas también es usado para cubrir suelos degradados (**Martínez, 2016**).

Uso de los frutos de *Margyricarpus pinnatus* dentro de la industria alimentaria

Sus frutos se consumen frescos y maduros por su dulce sabor. Sin embargo, mediante revisión bibliográfica se ratifica que el uso de los frutos de *Margyricarpus pinnatus* dentro de la industria alimentaria es nula o escasa, esto puede deberse a la deficiencia de producción a nivel nacional o desconocimiento del fruto. Sin embargo, en Chile los frutos se usan de manera artesanal en decoraciones, licor artesanal, salsas y repostería (**Cordero et al., 2017**).

1.1.4 Composición químicas y nutricionales de *Margyricarpus pinnatus* (Lam.) Kuntze

1.1.4.1 Composición química

En estudios anteriores tanto en hojas y frutos de *Margyricarpus pinnatus* se registró la presencia de quinonas, flavonoides, polifenoles y saponinas, así también aceites esenciales y sus componentes como limoneno, sabineno, α-pineno y pinocarvona **(Castañeda & Condori, 2010; García et al., 2009).**

1.1.4.2 Antioxidantes

Pacheco (2022) en su estudio determinó la actividad antioxidante de los frutos de *Margyricarpus pinnatus* como se indica en la siguiente **Tabla 2**.

Tabla 2.

Concentración del potencial antioxidante en *Margyricarpus pinnatus* en extracto y microencapsulado

Muestra	Polifenoles totales (mg EAG/100g)	Actividad antioxidante (µmol Trolox/ 100g muestra)
Extracto	251,07	419,30
Microencapsulado	235,28	390,87

Nota: Información obtenida de **Pacheco (2022).**

1.1.4.3 Minerales

Las hojas y tallos de *Margyricarpus pinnatus* contienen elementos minerales esenciales como: aluminio (Al), bario (B), calcio (Ca), cromo (Cr), cobre (Cu), hierro (Fe), litio (Li,) potasio(K), magnesio (Mg), manganeso (Mn), sodio (Na), fosforo (P), sillico (Si), estroncio (Sr) y zinc (Zn) que se clasifican según su cantidad K>Ca>Cr>Na>P>Cu>Mg>B>Zn>Si>Mn>Sr>Al>Fe, entre otros elementos que tienen cantidades menores al límite de cuantificación, todos son importantes para la salud humana, aunque el consumo de ciertos elementos fuera de su límite permitido pueden ser tóxicos (**Martínez et al., 2015**).
Para corroborar la presencia de minerales en *Margyricarpus Pinnatus*, se presenta los resultados del estudio de **Martínez (2016)** en la siguiente tabla:

Tabla 3.

Concentración de minerales en materia seca e infusión de *M. pinnatus*, n=15.

Elemento	Cuantificación (ppm)	Materia seca (mg kg-1)	Infusión (mg L-1)	Eficiencia extracción (%)
Al	0,06	1536 ± 209	0,284 ± 0,05	0,37
Co	0,006	0,63 ± 0,08	<0,06	-
Cr	0,012	3,23 ± 0,56	0,019 ± 0,005	11,75
Cu	0,009	6,98 ± 0,82	0,022 ± 0,005	6,30
Fe	0,012	980 ± 60	0,15 ± 0,02	0,31
Li	0,006	5,42 ± 0,73	<0,06	-
Mn	0,003	59,62 ± 4,02	0,086 ± 0,008	2,88
Mo	0,015	0,41 ± 0,07	<0,015	-
Na	0,06	250 ± 19	1,09 ± 0,02	8,70
Ni	0,03	2,69 ± 0,19	<0,03	-
V	0,009	6,56 ± 0,39	<0,09	-
Zn	0,006	12,14 ± 1,63	0,029 ± 0,009	4,78

Nota: Información obtenida de **Martínez (2016**).

1.1.5 Secado de los alimentos

El secado es una operación unitaria natural o forzada, mediante el cual se remueve agua hasta obtener un producto sólido o semisólido, mediante evaporación, absorción, etc., (**Mendoza et al., 2014**). Este método se realiza con el fin de prolongar la vida útil de los alimentos durante su almacenamiento sin necesidad de refrigeración, reducir los costos de transporte y almacenamiento, además, obtener materias primas para formulación de nuevos productos, por otro lado, en el mercado se puede encontrar una gran variedad de vegetales, frutas, carnes, mariscos, cereales y productos lácteos deshidratados, así también, formulados como sopas instantáneas, salsas, condimentos a partir de ingredientes deshidratados **(Fito et al., 2020)**.

En ciertos alimentos el secado se genera de manera rápida o lenta dependiendo de variables como; la temperatura, velocidad de aire de secado, presión local o parcial, humedad relativa, dirección del flujo de aire y características del alimento (tipo, forma, tamaño y capa superficial), sin embargo, en el secado de frutas y verduras la velocidad del aire y humedad relativa no son agresivos (**Inyang et al., 2018**).

Existen varias etapas del proceso de secado; primero, se presenta la velocidad de secado creciente, en el que ocurre el calentamiento del producto, generando un aumento de la temperatura en la interfase y adaptación a las condiciones de proceso, en esta etapa se genera la mayor pérdida de agua hasta conseguir una humedad constante, el tiempo que tome en secar dependerá de las variables antes mencionadas **(Fito et al., 2020)**. Segundo, se da la "velocidad de secado constante", en el que la velocidad de secado es igual a la velocidad de evaporación del agua, produciendo un proceso simultáneo de masa y calor, posteriormente, ocurre el "periodo de velocidad de secado decreciente", donde la humedad del producto disminuye hasta llegar al equilibrio donde el producto se vuelve más seco, en esta fase la velocidad de secado disminuye mientras que la transferencia de masa y calor aumentan (**Sagastibelza Forcada, 2018**).

En un secado industrial el calor se puede suministrar de forma directa o indirecta a los alimentos, en un sistema cerrado el calor entra en contacto directo con el alimento por convección, mientras de forma indirecta se emplea una barrera física para transferir el calor **(Kamboj & Singh, 2024)**. Es necesario establecer varias condiciones para efectuar su proceso: disposición de producto, densidad del lecho, circulación del aire y mecanismos de transmisión, el producto debe estar en reposo durante el proceso, generalmente se realiza en bandejas perforadas para precautelar la circulación del aire en forma paralela y a través del sólido en reposo **(Fito et al., 2020)**

1.1.5.1 Cinética de secado

Permite entender la relación que existe entre la humedad del material y la intensidad de evaporación del agua en dependencia con el tiempo en un proceso de secado, además permite identificar las condiciones más adecuadas de temperaturas y optimizar los procesos, es importante determinar velocidad que toma en secar el alimento para construir curvas demostrativas, una variable que influye en la velocidad es la

temperatura, a mayor temperatura existe mayor fuerza de secado y mayor déficit de presión de vapor del agua, el secado se detiene cuando la temperatura de la superficie alcanza el equilibrio **("Kinetic Models for Drying Techniques—Food Materials," 2018).**

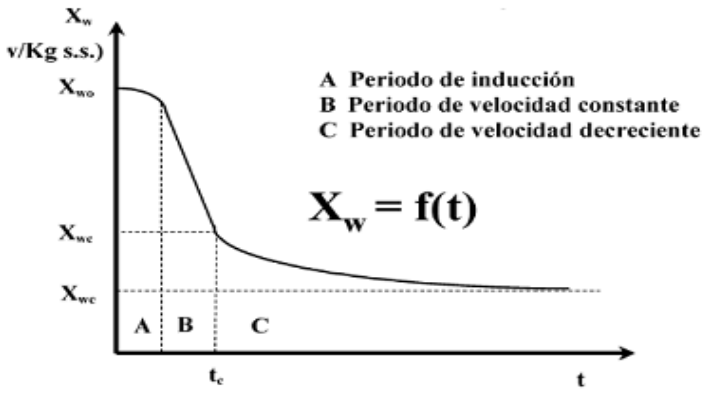


Figura 1. Curva de cinética de secado de una matriz

Nota: Periodos de secado de una matriz obtenido de **Fito et al. (2020).**

1.1.6 Harinas no convencionales

Las harinas no convencionales se caracterizan por ser productos pulverizados derivados de semillas, frutos secos, legumbres, tubérculos e incluso insectos, dejando de lado los cereales convencionales como trigo, maíz y arroz, además, pueden otorgar características únicas de sabor, color, olor, textura y propiedades nutricionales a diferencia de la harina común (**Trejo-Díaz et al., 2023**). Son alternativas muy útiles para elevar el valor nutricional y funcional de los productos alimenticios, así mismo, para incluir al consumo de las dietas específicas adaptándose a los gustos y necesidades de cada consumidor que buscan mejorar su alimentación o sufre de algún tipo de enfermedades (**Sandoval et al., 2024)**.

Los lugares con mayor consumo de este tipo de harinas son Norteamérica y Europa, especialmente en países como Francia, Países Bajos y Alemania, en Latinoamericana su consumo es muy limitado, sin embargo, existe una tendencia por preferir alimentos saludables en el futuro aumentando la tasa de ingresos un 7% entre el año 2017 y 2025, alcanzado $126,800 millones para el año 2025, las harinas de leguminosas como la arveja, lenteja, poroto, entre otros, son las que tienen mayor participación en el mercado (**Pino, 2019**).

1.1.6.1 Demanda de harinas no convencionales dentro de la industria galletera

La galleta es un producto elaborado a base de harina, grasa, agua, azúcares y productos no alimenticios, sometidos a mezcla y horneo, permite la inclusión de harinas de diferentes fuentes como raíces y tubérculos, ya que brindan aportes interesantes como fibra dietética, almidón resistente y minerales, ayudando a saciar el hambre, mejorar el sistema digestivo y problemas asociados con la glucosa (**Quimis et al., 2020; García & Pacheco, 2007)**.

En el Ecuador, la industria harinera cubre una gran demanda entre el 90 y 95% de harina de trigo para la elaboración de pan, galletas, pastas, postres, entre otros, por ello existe la iniciativa de incorporar materia prima con valor agregado que cumplan con los requisitos de los entes de control (**Quimis et al., 2020)**.

1.1.7 Parámetros de las propiedades fisicoquímicas en harinas

En harinas la determinación de las propiedades fisicoquímicas como la composición química, actividad de agua, pH y acidez titulable, determinan la calidad de la misma y permiten extender el tiempo de vida útil y mejorar la conservación (**Toconás et al., 2023**). Así mismo, de estas propiedades depende el desarrollo de microorganismos y el sabor del producto final **(Fernández et al., 2017).**

1.1.8 Parámetros de las propiedades tecnológicas en harinas

Las propiedades tecnológicas permiten determinar la calidad de una harina y por ende del producto final, las propiedades como la densidad aparente, capacidad de absorción de agua, capacidad de absorción de aceite, capacidad emulsificante, capacidad gelificante, capacidad de hinchamiento, índice de solubilidad en agua, están directamente relacionadas con la composición de la harina e interacciones presentes (**Villar et al., 2021**).

1.1.8.1 Densidad aparente

Es un parámetro que se aplica a harinas, polvos, gránulos u otro tipo de partículas, que conformen productos alimenticios, químicos, balanceados, minerales, entre otros, se considera la masa del material divida entre el volumen total que ocupa en el recipiente el mismo que toma en cuenta en el volumen y distancia entre las partículas y volumen de poros internos (**Charrondiere et al., 2012).**

1.1.8.2 Capacidad de absorción de agua (CAA)

Es la capacidad que tiene una matriz para retener agua durante una fuerza aplicada como el amasado o batido, depende de la presencia de los carbohidratos y las proteínas, ya que forman enlaces hidrofílicos haciendo que aumente su capacidad, este parámetro otorga efectos de frescura y suavidad a los productos horneados, por ello, usar harinas con alta capacidad de absorción de agua puede ayudar a obtener productos de textura suave (**Guiñazú, 2020**).

1.1.8.3 Capacidad de absorción de aceite (CAG)

Este parámetro indica la cantidad máxima de aceite que pueden absorber las proteínas presentes, así mismo, el tipo de proteína y las cadenas de aminoácidos no polares pueden alterar su capacidad, ya que estos enlaces se unen a la cadena de los hidrocarburos de aceite, además, dicha propiedad ayuda a conservar los sabores y mejorar la sensación de los productos terminados (**Guiñazú, 2020; Herrero, 2022**).

1.1.8.4 Capacidad emulsificante (EA)

Es la capacidad que tienen las proteínas para producir y estabilizar una fase de emulsión con un volumen de aceite por medio de una fuerza, depende de varios factores como la composición de la proteína y su solubilidad, contenido de fibra, pH, carga neta, viscosidad, tensión interfacial y tamaño de la gota (**Guiñazú, 2020**). La capacidad de crear una emulsión y su estabilidad dependerá de cómo las proteínas se desplieguen en el medio agua/aceite, por el aumento de su hidrofobicidad, este parámetro juega un papel importante para determinar su uso en la elaboración de aderezos para salsas y productos cárnicos (**Chaparro et al., 2014).**

1.1.8.5 Capacidad gelificante

Es la capacidad que tiene el almidón de crear un gel, después de su hinchamiento producido por el rompimiento del grano e hidratación en presencia de calor, mientras menor sea la cantidad de almidón presente, mejor será su capacidad de gelificación, así mismo, influyen otros componentes de la harina como lípidos, proteínas y carbohidratos (**Guiñazú, 2020**). Este parámetro es muy importante en las proteínas vegetales, ya que de ello depende su aplicación su uso como ingrediente dentro de la industria alimentaria **(Montoya, 2023).**

1.1.8.6 Capacidad de hinchamiento (CH)

Es la capacidad que tiene el almidón para aumentar su volumen al absorber agua en un medio acuoso, depende del contenido de carbohidratos presentes, de los enlaces que se formen entre el agua y las proteínas solubles, el tamaño de las partículas y el estado en el que se encuentre el almidón en la harina (**Guiñazú, 2020**).

1.1.8.7 Índice de solubilidad en agua (ISA)

Este parámetro indica la cantidad de sólidos que pueden disolvente en una cantidad de agua, además, demuestra el nivel de cocción del grano con el que se elaboró la harina, los sólidos se relacionan con la cantidad de almidón y proteína presentes, así mismo, es un parámetro importante considerado en el proceso de elaboración de alimentos, ayudando a evaluar el comportamiento de los nutrientes y compuestos bioactivos en presencia de agua **(Dussán et al., 2019; Montoya, 2023**).

1.1.9 Parámetros de las propiedades reológicas en harinas

La reología es un estudio amplio de la deformación y flujo tanto de materias primas como de productos terminados, ayuda a determinar la aceptabilidad, diseño de equipos, procesamiento y manejo del alimento, en el caso de las harinas es muy importantes ya que forman una masa viscoelástica sensible a deformación misma que tiene influencia directa sobre la estructura y comportamiento de la masa, y por ende en la calidad del producto final, sin embrago, es un parámetro muy complejo de medir , por ello es necesito usar equipos especializados como Mixolab (**Rodríguez-Sandoval et al., 2005**).

1.1.9.1 Mixolab

Es un equipo mezclador utilizado para analizar la reología de las masas, su funcionalidad se basa en preparar una masa con buena hidratación, la misma que será sometida a doble tensión de mezclado y variación de temperaturas, mide el par en unidades de Nm (Newton-metro) qué se obtiene del mezclado, la masa en el equipo es de 75 gramos y el par normal es de 1,1 Nm ± 0,5, evalúa el desarrollo de la masa (C1), poder de hinchamiento (C2), gelatinización del almidón (C3), actividad amilasa (C4) y retrogradación del almidón (C5) **(Chopin Technologies, 2012).**

1.1.10 Parámetros de las propiedades proximales en harinas

El análisis proximal es una determinación de los macro componentes de un alimento como; humedad, ceniza, grasa, proteína, fibra dietética y carbohidratos totales mediante métodos analíticos previamente seleccionadas en base a la propiedad analizar, tipo de alimento y el objetivo del análisis, dichos parámetros ayudan a determina la calidad de la harina y del producto final (**Fay & Zumbado, 2019**).

1.1.10.1 Proteína

Las proteínas son biomoléculas presentes en mayor cantidad en las células cumpliendo varias funciones como proporcionar energía, así mismo, la estructura depende de la secuencia de aminoácidos si tiene una estructura tridimensional se considera una proteína funcional **(Cuevas, 2011)**.

En harinas, las proteínas son muy importantes ya que otorgan esponjamiento y tenacidad a las masas, especialmente el gluten y su composición ayudan a determinar si las harinas son débiles o fuertes, una harina fuerte genera una masa cohesiva que requiere de largos períodos de amasado adecuada para panificación, mientras que una harina débil colapsa al amasarse y es adecuada para galletas, en el caso de la harina de trigo contiene gluteninas y gliadinas que conforman el 85% de la fracción proteica siendo alta en cohesividad y elasticidad apta para panificación, pastelería, entre otros (**Badui, 2006**). La proteína en la alimentación es muy importante ya que aporta aminoácidos esenciales que el cuerpo necesita, una escases de proteína en la dieta puede producir retrasos en el crecimiento **(Guerra et al., 2020).**

1.1.10.2 Grasa

Se denomina grasa en su estado sólido y aceites en estado líquido, sin embargo, el término “grasa” hace referencia en general a los lípidos, son un conjunto de biomoléculas compuestos por carbono, hidrógeno, oxígeno, fósforo y nitrógeno (**Cabezas et al., 2016; Badui, 2006**). Son una gran fuente de energía ya que cada gramo proporciona 9 kcal, por otra parte, en alimentos aportan a la estructura, propiedades sensoriales y nutricionales, se encuentran principalmente en semillas de oleaginosas y tejidos animales, las frutas y hortalizas presentan muy bajo contenido de grasa, sin embargo, existen excepciones como el aguacate, aceitunas y nueces (**Badui, 2006**). Son insolubles en agua, pero solubles en disolvente orgánicos como cloroformo, hexano, benceno, éter de petróleo, entre otros, se usan en panificación, bollería, coberturas y confitería mejorando atributos de textura, apariencia y sabor (**Cabezas et al., 2016).**

1.1.10.3 Fibra

La fibra se divide en dos grupos soluble e insoluble, el primero se constituye por pectinas, mucílagos, insulina, almidón resistente, entre otros, mientras que el segundo de celulosa, hemicelulosa, lignina y varios tipos de pectinas, se encuentran en varias fuentes alimenticias como el salvado de trigo, avena, frutas y verduras dependiendo de su madurez **(Henríquez & Burgos, 2023).** La fibra dietética cumple un papel importante en nuestro organismo, reduce la glucosa en la sangre, absorbe el agua en el intestino, ayuda a formar y eliminar las heces, mientras que la fibra cruda se desecha sin ser aprovechada, debido a esto la fibra cruda se utiliza para la elaboración de gomas (algarrobo, guar, arábiga, tragacanto) y medicamentos para bajar de peso (**Badui, 2006**).

1.1.10.4 Ceniza

Las cenizas son los diferentes nutrientes inorgánicos más conocido como minerales, presentes en plantas, microorganismos y animales, existen más de 60 elementos químicos de los cuales 36 son los más conocidos como; aluminio, antimonio, arsénico, azufre, bario, boro, bromo, cadmio, calcio, zinc, cloro, cobalto, cobre, cromo, entre otros, muchos de estos minerales no aportan al metabolismo, por ende, algunos son considerados como contaminantes, sin embargo, la carencia de algunos minerales puede provocar un déficit en el funcionamiento en el organismo humano (**Badui, 2006**). En harinas el contenido de ceniza representa el índice de pureza, calidad y uso de la misma, si bien esto puede estar relacionado con factores genéticos y condiciones del suelo, desde el punto de vista nutricional un aumento en ceniza representa un aumento en fibra dietética, vitaminas y proteínas libres de gluten **(Czaja et al., 2020).**

1.1.10.5 Humedad

La humedad es un parámetro muy importante para determinar el tiempo de vida útil de un alimento o producto, a pesar de ello el agua no se considera un nutrimento, sin embargo, influye directamente en las propiedades y viceversa, así también, ayuda a la formación de la estructura proteica, difusión de reactivos y reacciones de hidrolisis, el contenido de humedad va a depender del tipo de alimento, las frutas, lácteos y carnes puede contener hasta un 96 a 97 % de humedad, mientras los productos deshidratados o cereales entre un 10 y 12% (**Badui, 2006**).

1.1.10.6 Carbohidratos y Calorías totales

También llamados hidratos de carbono están formados por grupos funcionales como carbono, hidrogeno y oxígeno, se dividen en azúcares, oligosacáridos y carbohidratos complejos, en los alimentos confirmen sabor, textura y conservación, por otro lado, al consumirlos cada gramo otorga 4 kcal **(Cabezas et al., 2016)**. Son compuestos orgánicos presentes en mayor cantidad en la naturaleza, los más conocidos y consumidos diariamente son la sacarosa, glucosa, fructosa, el almidón y la celulosa, el reino vegetal contiene la mayor cantidad de carbohidratos comparado con el reino animal, en las plantas cumple la función de la fotosíntesis obteniendo glucosa para el desarrollo de casi todos los carbohidratos, la mayoría de los compuestos orgánicos presentes en los animales y vegetales son productos derivados de los hidratos de carbono (**Badui, 2006**).

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Construir las curvas de la cinética de secado y caracterización de harina de los frutos de *Margyricarpus pinnatus* (Lam.) Kuntze como base para la industria galletera.

1.2.2 Objetivos específicos

- Obtener harina de los frutos de *Margyricarpus Pinnatus* (Lam.) Kuntze por método de secado con aire caliente a 50, 55 y 60 °C.
- Comparar el efecto de las temperaturas a través de las curvas de la cinética de secado de la harina de los frutos de *Margyricarpus pinnatus* (Lam.) Kuntze.
- Evaluar las propiedades fisicoquímicas, reológicas, tecnológicas y la composición proximal de la harina de los frutos de *Margyricarpus pinnatus* (Lam.) Kuntze.

CAPITULO II.- METODOLOGÍA

1.1 Materiales, Equipos, Reactivos.

Tabla 4.

Materiales, equipos y reactivos utilizados para la elaboración de harina de los frutos de *Margyricarpus pinnatus* (Lam.) Kuntze

Material	Equipos	Reactivos
Material Vegetal: Frutos de *Margyricarpus pinnatus*	Estufa	Alcohol 90%
Crisoles	Deshidratador por convección	Fenolftaleína
Tamiz	Horno	Hidróxido de sodio
Tubos de ensayo	Mufla	Ácido clorhídrico
Probetas graduadas	Balanza analítica	Hexano
Matraz Erlenmeyer	Tamizador	Agua destilada
Pipeta	Centrífuga	
Algodón	Potenciómetro	
Dedal de Soxhlet	Colorímetro	
Arena purificada	Molinillo	
Vaso de precipitación	*Dumas Nitrogen Analyzer*	
Balón de precipitación	Aqualab	
Tela filtro	Balanza de humedad	
Crisol de Gooch	Soxhlet	
Bureta	Mixolab	
Papel filtro		
Gradilla		
Desecador		
Pinzas metálicas		
Placas acrílicas		

1.2 Obtención de harina de los frutos de *Margyricarpus pinnatus* (Lam.) Kuntze por secado a 50, 55 y 60 °C.

1.2.1 Obtención de materia prima

La recolección de los frutos de *Margyricarpus pinnatus* (Lam.) Kuntze se realizó en la provincia de Cotopaxi, cuidad de Salcedo, barrio "Bellavista" con altitud de 3020 m s.n.m, fueron recolectados en estado de madures de color blanco, rosa o rojizo, en frascos de vidrio esterilizados y a temperatura ambiente (**Anexo 1**).

1.2.2 Preparación de la materia prima

Se realizó una selección y clasificación de los frutos maduros de *Margyricarpus pinnatus* (Lam.) Kuntze, eliminando los frutos golpeados, manchados, contaminados y en mal estado como puede verse en **Anexo 1**. Luego, se lavó con agua potable para eliminar todo tipo de impurezas que contenga el fruto (tierra, piedras, ramas). Finalmente, se separó una porción de frutos frescos preparados previamente y se determinó su peso inicial en una balanza analítica.

1.2.3 Secado y elaboración de la harina

El secado de los frutos de *Margyricarpus pinnatus*, se efectuó en un deshidratador de alimentos (Food baking device, modelo CD) con velocidad de aire de 8,0 m/s a temperaturas de 50, 55 y 60 °C en tiempos de 4, 5 y 6 horas respectivamente, los frutos fueron colocados en mallas plásticas ocupando todo el espacio disponible del equipo y posteriormente secados, este proceso se llevó a cabo hasta obtener un peso constante el cual indica que se ha removido la mayor cantidad de agua disponible (**Iturbe & Sandoval, 2019).** Así también, el secado por prolongadas horas se realizó con el objetivo de lograr una humedad inferior a 14,5% como indica la normativa **NTE INEN 616 (2015)**, un porcentaje general para harina de trigo para todo uso. Las temperaturas aplicadas fueron obtenidas en base a bibliografía, como indica **Cabascango (2018**) las temperaturas óptimas para el secado de frutas osciló entre 50 y 60°C. De igual manera, **Pacheco (2022)** en su estudio deshidrató los frutos de *Margyricarpus pinnatus* a 60°C y obtuvo una humedad de 5,37% manteniendo sus propiedades antioxidantes.

Por otro lado, para la recolección de los datos de secado se utilizó la metodología descrita por **Silva et al. (2022) y Acurio et al. (2023)**, el secado se efectuó en días diferentes y la pérdida de peso fue controlada cada 10 minutos durante las dos primeras horas de secado, y las siguientes horas cada 30 minutos hasta obtener un peso constante. Este proceso fue realizado por duplicado para obtener datos más precisos que posteriormente se fueron usados para la cinética de secado.

Una vez obtenida la matriz seca se realizó la molienda en un molinillo por el diminuto tamaño de la matriz, luego, se utilizaron tamices número 80, 100 y 120 para obtener una harina más fina y fácilmente manejable. La harina obtenida a cada temperatura se almacenó en fundas ziploc rotuladas y a temperatura ambiente cuidando que estén libres de humedad.

1.3 Comparación del efecto de las temperaturas a través de las curvas de la cinética de secado.

Una vez recopilados los datos del proceso de secado de los frutos de *Margyricarpus pinnatus* (Lam.) Kuntze, se procedió a graficar en Microsoft Excel las curvas de cinética de secado a 50, 55 y 60 °C, representando el tiempo de secado (t) como variable independiente en la coordenada X y la pérdida de humedad como variable dependiente en la coordenada Y, las etapas de secado se dividieron entre A-B y B-C como indica **Fito et al. (2020).** Mediante dichas curvas se analizó la pérdida de humedad con respecto al tiempo, considerando la temperatura aplicada.

De igual manera, con las temperaturas aplicadas en la deshidratación se buscó minimizar el daño hacia los frutos de *Margyricarpus pinnatus* y salvaguardar de mejor manera sus propiedades nutricionales (**Silva et al.,2020)**

1.4 Evaluación de las propiedades fisicoquímicas, reológicas, tecnológicas y la composición proximal de la harina obtenida de los frutos de *Margyricarpus pinnatus* (Lam.) Kuntze

Para determinar si las temperaturas aplicadas generaron efectos sobre las propiedades de la harina de los frutos de *Margyricarpus pinnatus*, se aplicaron pruebas estadísticas verificando los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas, fundamentales antes de aplicar el análisis unifactorial (ANOVA), para la comprobación se aplicó la prueba de Shapiro-wilk para normalidad usado en muestras pequeñas y la prueba Levene para la homogeneidad de varianzas, cuando los resultados obtenidos en ambas pruebas fueron de $p > 0.05$ se rechazó la hipótesis nula y se procedió aplicar ANOVA. Por otra parte, para el ANOVA se utilizó el software Minitab para analizar diferencias significativas junto con el método de Tukey un nivel de confianza de 95%.

1.4.1 Evaluación de las propiedades fisicoquímicas

1.4.1.1 Determinación de pH

El pH se determinó usando el equipo de pH-metro (Termo Scientific, modelo ORION VERSASTAR) basándose en la normativa **NTE INEN 526 (2012)**. Se preparó la muestra y determinó el pH de forma directa en el equipo.

1.4.1.2 Determinación de la actividad de agua (A_w)

La actividad de agua (A_w) se determinó de forma automatizada en el equipo medidor de actividad de agua (AQUALAB, modelo 4TE), siguiendo la metodología descrita por **Barrios (2019)**, los resultados fueron obtenidos directamente en el equipo.

1.4.1.3 Determinación de color

El color se evaluó mediante un colorímetro (Lovibond, modelo RM200) con una pequeña cantidad de muestra, el equipo proporcionó los siguientes datos: L* (negro/blanco), a* (rojo/verde), b* (amarillo/azul), C* (croma/pureza) y H* (tono). Además, se determinó el índice de blancura (IW) basado en el sistema Hunter (**Dussán-Sarria et al., 2019; Montoya et al., 2010)** con la siguiente ecuación:

$$IW = L - 3b + 3a \quad (1)$$

1.4.1.4 Determinación de acidez titulable

Este parámetro se efectuó siguiendo el proceso indicado en la normativa **NTE INEN (2013**), para harinas de origen vegetal, el resultado fue expresado en gramos de ácido sulfúrico. Se pesaron 5 g muestra y transfirieron a un matraz Erlenmeyer de 100 cm^3 al que se agregaron lentamente 50 cm^3 de alcohol al 90% (V/V) neutralizado, hasta obtener una mezcla completamente homogénea. Posteriormente, se dejó reposar por 24 h y luego se extrajo 10 cm^3 de líquido sobrenadante en un matraz Erlenmeyer de 50 cm^3 al que se añadieron 2 cm^3 de solución indicadora de fenolftaleína. Después, se realizó la titulación lentamente y con agitación añadiendo una solución de 0,2 N de hidróxido de sodio, hasta obtener un color palo de rosa que

permaneció durante 30 segundos. Finalmente, se observó el volumen gastado de la solución empleada y se calculó usando la siguiente ecuación:

$$A = \frac{490NV}{m(100 - H)} \times \frac{V_1}{V_2} \quad (2)$$

Donde:

A= acidez en el producto, en g de ácido sulfúrico en producto.

N= normalidad de hidróxido de sodio

V= volumen gastado de hidróxido de sodio en titulación (cm)

V_1= volumen empleado de alcohol (50 cm^3).

V_2= volumen de la alícuota tomada para la titulación, (10 cm^3)

m= masa de la muestra (g)

H= humedad en muestra (%)

1.4.1.5 Granulometría

En base a la normativa técnica ecuatoriana **INEM 517 (2012**), se tamizaron 100 g de muestra en tamices de diferentes tamaños de 80, 100 y 120, colocados de forma ascendente. Luego, se calculó el peso retenido en cada tamiz con la siguiente ecuación:

$$MR = \frac{m_2 - m_1}{m} \times 100 \quad (3)$$

Donde:

MR= masa retenida de harina (%).

m= masa de la muestra de harina (g).

m_1= masa de papel sin harina (g).

m_2= masa de papel con la fracción de harina (g).

1.4.1 Evaluación de las propiedades reológicas

El comportamiento de la masa de la harina de los frutos de *Margyricarpus pinnatus* (Lam.) Kuntze se determinó mediante el equipo MIXOLAB, realizando una sustitución de 25% de harina de los frutos de *Margyricarpus pinnatus* y 75% harina de trigo común, valor ajustado de acuerdo con **Chopin Technologies (2018**). Se introdujo la mezcla realizada en el porta muestra y se colocó la boquilla, posteriormente, el

software conectado al equipo proporcionó datos del desarrollo de la masa, poder de hinchamiento, gelatinización del almidón, actividad amilasa y retrogradación del almidón, mediante gráficos y tablas, estos parámetros son importantes para obtener productos de calidad (**Correa, 2017).**

1.4.2 Evaluación de las propiedades tecnológicas

1.4.2.1 Densidad aparente

Se utilizó el tubo de ensayo de 10 ml y se pesó una cantidad de muestra hasta que ocupó 5 ml sin compactar, posteriormente se realizó una vibración constante alrededor de 3 minutos, finalmente se registró el volumen ocupado y la densidad aparente se determinó en g/ml (**Hernández Pérez et al., 2023**). Se usó la siguiente ecuación para su determinación:

$$\rho a = \frac{masa\ de\ harina}{volumen\ gastado}\left[\frac{g}{ml}\right] \quad (4)$$

1.4.2.2 Capacidad de absorción de agua (CAA)

Se pesó 1 g de muestra junto con 10 ml de agua destilada y se dejó reposar durante 30 minutos a temperatura ambiente, luego se centrifugó a 3000 rpm por 30 minutos hasta obtener un sobrenadante, el mismo que fue desechado. Finalmente, se determinó la capacidad de absorción de agua por la diferencia de la masa inicial menos la masa final de la muestra, el resultado se determinó en gramos de agua retenida por gramos de muestra (**Cadena et al., 2023**). Para ello se aplicó la siguiente ecuación:

$$CAA = \frac{Peso\ sedimento\ (g) - Peso\ muestra\ (g)}{Peso\ muestra\ (g)} \quad (5)$$

1.4.2.3 Índice de solubilidad en agua (ISA)

Se pasaron 2,5 g de harina en un tubo de centrifuga y se mezcló con 30 ml agua destilada caliente a 30°C durante 30 minutos, posterior se centrifugó a 5000 rpm por 20 minutos hasta obtener un gel y un sobrenadante. Finalmente, el sedimento se filtró, pesó y secó por 4 horas a 90°C. El alto índice de ISA indica que los componentes de la harina son muy solubles en agua (**Cadena, 2013**). Con los datos obtenidos se aplicó la siguiente ecuación:

$$ISA = \frac{Peso\ de\ solubles\ (g)}{Peso\ de\ la\ muestra\ (g)} \times 100 \quad (6)$$

1.4.2.4 Capacidad de absorción de aceite (CAG)

Para su determinación se pesó 1 g de harina junto con 10 ml de aceite de girasol, dejando reposar por 30 minutos a temperatura ambiente, posterior se centrifugó a 2500 rpm por 10 minutos y desechó el sobrenadante. Finalmente, la diferencia entre muestra inicial y después de absorber aceite fue la capacidad de absorción de aceite expresado en gramos (**Vegas et al., 2017**). Se usó la siguiente ecuación por diferencia de peso:

$$CAG = \frac{Peso\ de\ cedimento\ (g) - Peso\ de\ muestra\ (g)}{Peso\ de\ muestra\ (g)} \quad (7)$$

1.4.2.5 Capacidad de emulsificación (EA)

Para la capacidad de emulsión se pesó 1 g de harina en 10 ml de agua destilada, luego a la mezcla se añadió 10 ml de aceite de girasol y posteriormente se llevó a la licuadora durante 1 minuto, la muestra fue distribuida en tubos de centrifuga de 50 ml que luego fue centrifugada a 1300 rpm por 5 minutos (**Cadena et al., 2023)**. Se utilizó la siguiente ecuación:

$$EA = \frac{Volumen\ de\ la\ capa\ emulsionada\ (ml)}{Volumen\ inicial\ (ml)} \times 100 \quad (8)$$

1.4.2.6 Estabilidad de la emulsión (ES)

Para determinar la estabilidad de emulsión se realizó el mismo procedimiento anterior hasta obtener una emulsión sin centrifugar, luego se calentó a 80 °C por 30 minutos. Finalmente, se centrifugó a 1300 rpm por 1 minuto, la estabilidad se calculó usando la siguiente ecuación:

$$ES = \frac{Volumen\ de\ la\ capa\ emulsionada\ (ml)}{Volumen\ inicial\ (ml)} \times 100 \quad (9)$$

1.4.2.7 Capacidad de gelificación

Esta propiedad se determinó realizando suspensiones de la harina entera en 5 ml de agua destilada en proporciones de 2 a 20% (p/v), luego los tubos fueron colocados a 100°C por 1 hora y posterior sobre hielo por 1 hora más, finalmente, se invirtieron los tubos y la capacidad de gelificación fue la solución contenida que quedó en los tubos al momento de invertirlos (**Vegas et al., 2017**).

2% = 0,1 g de harina

5%= 0,25 g de harina

10%= 0, 5 g de harina

20%= 1,0 g de harina

1.4.2.8 Capacidad de hinchamiento (CH)

Se utilizó la metodología descrita por **Cadena et al. (2023)**, se pesó 1 g de harina y se agregó 10 ml de agua destilada, luego se realizó una agitación suave dejando reposar por 16 horas para hidratar la muestra, finalmente se midió el volumen final que ocupa la muestra y el resultado se expresó en ml/ mg de muestra.

1.4.3 Evaluación de la composición proximal.

La harina obtenida de *Margyricarpus pinnatus* fue evaluada en los laboratorios de análisis académicos de FCIAB, UODIDE y LACONAL de la Universidad Técnica de Ambato donde se determinó la humedad, proteína, grasa, ceniza y fibra dietética.

1.4.3.1 Determinación de Humedad

Se determinó mediante una balanza de humedad (Modelo MB 50), el resultado se obtuvo de forma directa en el equipo.

1.4.3.2 Determinación de Proteína

Se aplicó el método de Dumas usando el equipo *Dumas Nitrogen Analyzer (Velp NDA 701)*. Primero, se empezó calibrando el equipo para determinar la cantidad de nitrógeno total en la muestra, luego se pesó con precisión una cantidad de harina verificando que esté libre de humedad y partículas muy grandes, posteriormente se introdujo la muestra en el porta muestra donde el equipo realizó el proceso de combustión

entre 3 a 10 minutos, finalmente el resultado se obtuvo en porcentaje de forma directa en el equipo (**Muller, 2017**). Se consideró un análisis eficaz, rápido y de bajo costo.

1.4.3.3 Ceniza

El proceso se realizó basado en la normativa **NTE INEN 520 (2013),** se introdujo los crisoles vacíos e identificados a la mufla a 550 ± 15 °C durante 30 minutos, transcurrido dicho tiempo se sacaron y enfriaron en el desecador, posteriormente se pesaron 5 g de la muestra en cada crisol que fueron calcinados en la estufa, luego se llevaron nuevamente a la mufla a 550 ± 15 °C hasta obtener cenizas de color gris claro. Finalmente, se retiraron las muestras de la mufla y se registraron los pesos tan pronto alcanzaron la temperatura ambiente, los datos obtenidos se remplazaron en la siguiente ecuación:

$$\% \, ceniza = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0} \times 100 \qquad (10)$$

Donde:

m_0= peso crisol vacío (g)

m_1= peso crisol + muestra (g)

m_2= peso crisol + cenizas (g)

1.4.3.4 Grasa

Se aplicó el procedimiento indicado en la **Norma Técnica Ecuatoriana (1980)**. Se pesaron 2,35 g de muestra en papel filtro, luego se trasladaron las muestras al dedal del equipo Soxhlet al mismo que añadió hexano y procedió a extraer grasa durante 4 a 5 horas dependiendo de la velocidad de goteo. Terminada la extracción, se procedió a recuperar el disolvente por destilación eliminando los residuos del disolvente mediante baño maría. Finalmente, se llevó el balón con grasa a la estufa a 100 $\pm$ 5°C por 30 minutos e inmediatamente se dejó enfriar y se pesó. Los datos obtenidos fueron reemplazados en la siguiente ecuación:

$$\%G = \frac{m_2 - m_1}{m\,(100 - H)} \times 100 \qquad (11)$$

Donde:

G = contenido en porcentaje de grasa en la harina.

m = masa de la muestra (g)

m_1 = masa del balón vacío (g)

m_2 = masa del balón con grasa (g)

H = porcentaje de humedad en la muestra

1.4.3.5 Fibra

Las muestras desengrasadas se utilizaron para la determinación de la fibra dietética total (FDT) basándose en los métodos de (AOAC 991,43, AOAC 985,29, AACC 32-07,01 y AACC 32-05,01) como se indica en el estudio **de Megazyme (2017).** Las muestras desengrasadas se pesaron y se llevaron a incubación a 60°C con las enzimas proteasa y amiloglucosidasa. Luego, se realizó la precipitación de la fibra soluble y eliminación de la proteína despolimerizada junto con el almidón, los residuos obtenidos se filtraron, lavaron, secaron y pesaron. Finalmente, la fibra dietética total (FDT) fue el producto filtrado y secado, menos el peso de proteínas y cenizas. Este análisis se realizó en el Laboratorio de Control y Análisis de Alimentos (LACONAL) de la FCIAB.

1.4.3.6 Carbohidratos totales

Para este cálculo se utilizó las anteriores determinaciones como porcentaje de grasa, proteína, humedad, fibra y cenizas (**McCleary & McLoughlin, 2021**), los cuales se reemplazaron en la siguiente ecuación:

$$\%\ C\ totales = 100 - (\%\ humedad + \%\ grasa + \%proteina + \%fibra + \%ceniza) \quad (12)$$

1.4.3.7 Determinación de calorías totales

La cantidad de calorías totales se determinó por la sumatoria de gramos de proteína, carbohidratos y grasa, multiplicado por su contenido de calorías que ofrecer cada uno: 1g de grasa; 9 calorías, 1 g de proteína; 4 calorías y 1g de carbohidratos; 4 calorías (**Vera, 2016**).

CAPITULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.1 Obtención de harina de los frutos de *Margyricarpus pinnatus* (Lam.) Kuntze por secado a 50, 55 y 60 °C.

2.1.1 Elaboración de la harina

Para la elaboración de harina, los frutos de *Margyricarpu pinnatu* fueron sometidos a diferentes procedimientos como se muestra en el diagrama de proceso plasmado en la **Figura 2.**

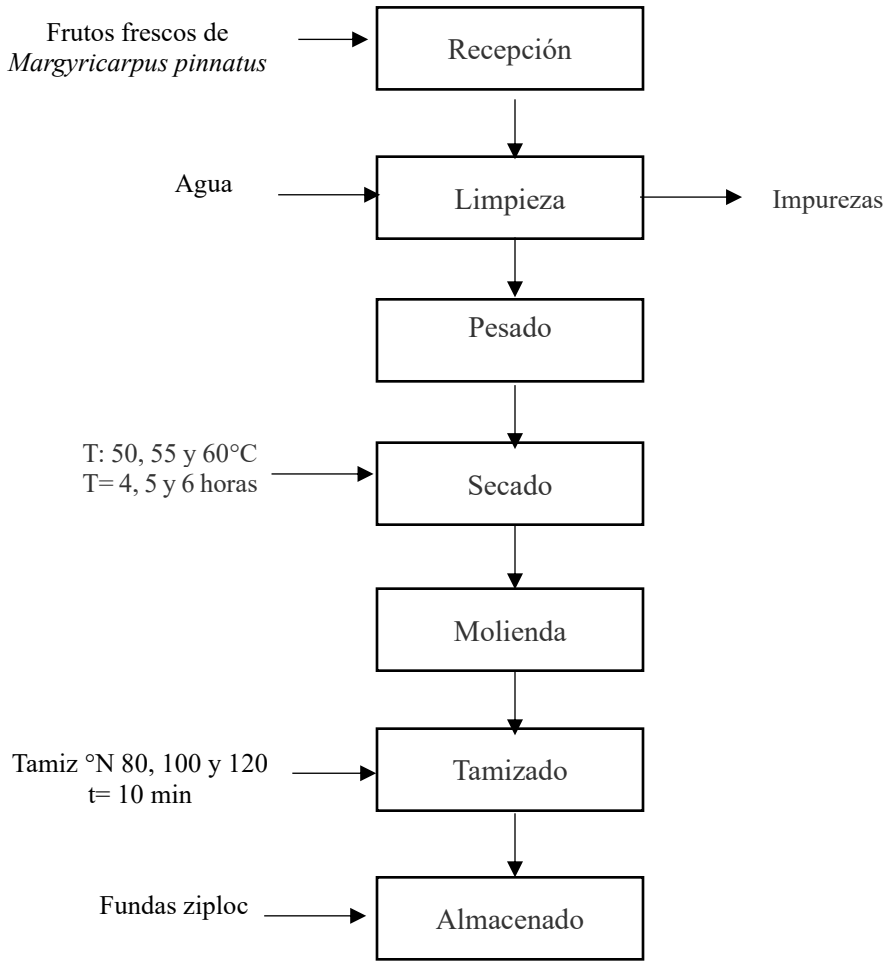


Figura 2. Diagrama de proceso de elaboración de harina de frutos de *Margyricarpus pinnatus* (Lam.) Kuntze.

Para esta investigación se recolectaron 1,4 kg de frutos frescos de *Margyricarpus pinnatus* los cuales fueron clasificados, lavados y pesados para su posterior deshidratación a 50, 55 y 60°C hasta obtener un peso constante. Dado que los frutos de *Margyricarpus pinnatus* pertenecen a la familia de las rosáceas, comúnmente consideradas como frutas (**Romolerux, 2023**), se estima que las temperaturas aplicadas fueron las adecuadas ya se encuentran dentro del rango de 50 a 60 °C para deshidratar frutas como indica **Cabascango (2018)**. Así mismo, **Meneses & Velasco (2017)** concluyeron que la temperatura de 56 °C es óptima en elaboración de harina de chontaduro por preservar de mejor manera sus propiedades nutricionales. Posteriormente, se realizó la molienda y el tamizado para obtener harina. En la **Tabla 5**, se detalla el rendimiento para cada proceso durante su elaboración.

Tabla 5.

Rendimiento de la harina obtenida en cada proceso

Frutos de *Margyricarpus pinnatus*	**Peso (g)**	**Rendimiento (%)**
Fresco	1400	100
Seco	320	22,9
Molido y tamizado	313	21,4
Harina	255	18,21

Nota: Datos obtenidos experimentalmente.

Previo al secado, se determinó la humedad inicial de los frutos de *Margyricarpus pinnatus* mediante una balanza de humedad, obteniendo un valor de 82,4 % por lo que se considera un alimento alto en humedad según **Badui (2006).** El proceso de secado generó un producto con rendimiento de 22,9% debido a la reducción de agua por evaporación, Según **Hasson et al. (2020)** explican que una matriz puede perder drásticamente hasta un 95% de agua durante el secado. Por otra parte, en la molienda y tamizado se determinó un rendimiento de 21,4 %. **Flores & Tello (2018)** mencionan que la molienda de los granos reduce el rendimiento del producto final por la temperatura aplicada, fuerza y moviendo qué pueden hacer que existan pérdidas en el equipo, por ello recomiendan usar un molino de bolas para reducir las pérdidas. Luego de todos los procesos mencionados, se obtuvo un rendimiento del 18,1% de la harina de los frutos de *Margyricarpus pinnatus*, cercano al 20% obtenida en la harina de lúcuma por **Lavado et al. (2024)**, quienes consideran un rendimiento deficiente.

2.2 Comparación del efecto de las temperaturas a través de las curvas de la cinética de secado.

En las **Figuras 3, 4** y **5** se ilustran las curvas de cinética de secado a 50, 55 y 60 °C, facilitando la comprensión del efecto de la temperatura sobre la pérdida de humedad asociados con el tiempo.

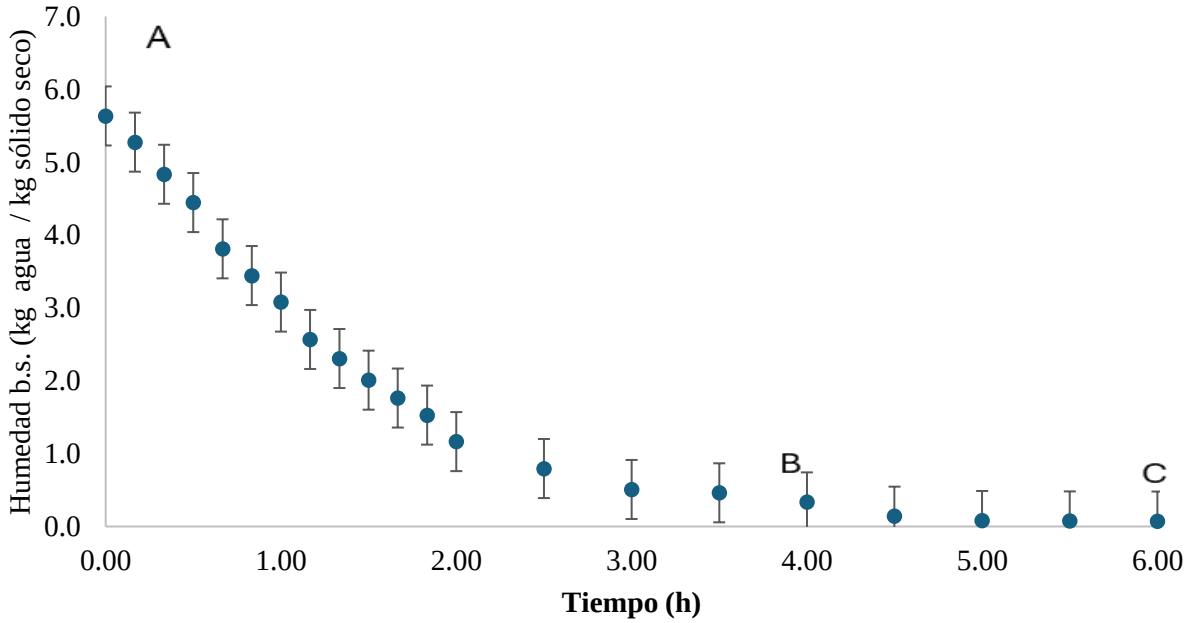


Figura 3. Curvas de la cinética de secado de los frutos de *Margyricarpus pinnatus* a 50°C.

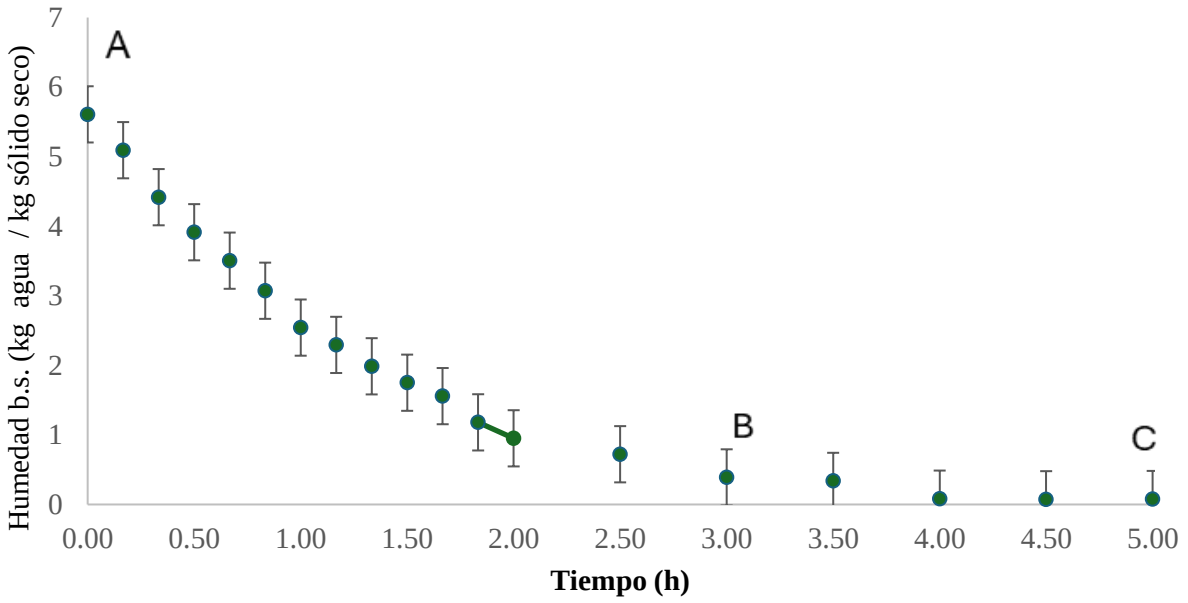


Figura 4. Curvas de la cinética de secado de los frutos de *Margyricarpus pinnatus* a 55 °C.

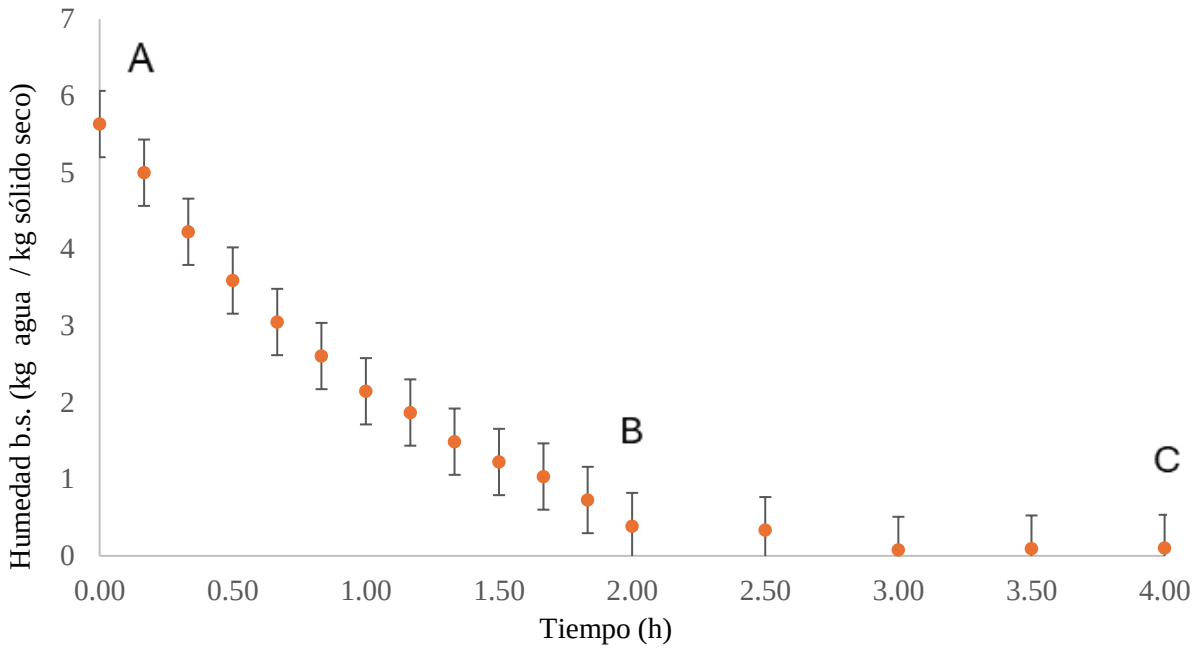


Figura 5. Curvas de la cinética de secado de los frutos de *Margyricarpus pinnatus* a 60°C.

Se evidenció que a 60°C el secado fue más rápido (**Figura 5**) ya que los frutos de *Margyricarpus pinnatus* llegaron a su peso constante en 4 horas a diferencia de 50°C que tardo 6 horas y 55 °C que fue de 5 horas, como se puede visualizar en las **Figura 3 y 4**. El proceso de secado se divide en dos etapas entre A-B y B-C, en la etapa inicial se logra apreciar una disminución rápida de la humedad, esto podría deberse al pequeño tamaño de los frutos de *Margyricarpus pinnatus*, ya que existe menos limitaciones para que el aire caliente remueva la mayor cantidad de agua hasta llegar al punto B como menciona **UnADM (2020),** a esto se adiciona que a mayor temperatura existe una reducción de la humedad relativa del aire y aumentado de la evaporación de agua en el alimento **(Pineda et al., 2008)**, así mismo, explican que el descenso de estas curvaturas se debe a la mayor remoción de agua libre en el alimento, esto se concuerda con **Iturbe & Sandoval (2019)** que manifiestan que el agua libre es más fácil de remover a comparación del agua ligada ya que se encuentra unida a las proteínas, sacáridos y en la superficie de las partículas coloidales. De igual manera, **Fito et al. (2020)** indican que el contenido de humedad inicial del material también influye en el proceso de secado, ya que si presenta una humedad baja inicialmente el secado se comporta en todo momento de forma decreciente. Tomando en cuenta que la humedad inicial de los frutos de *Margyricarpus pinnatus* fue de 82,4%, ayuda a explicar el decrecimiento rápido de la curva inicialmente.

Así mismo, en la segunda etapa de B-C se pudo observar un secado de tendencia constante para cada temperatura hasta finalizar el proceso, lo cual indica que la humedad de los frutos han alcanzado el

equilibrio **(Fito et al., 2020),** también demostrado así que la humedad de la capa superficial del alimento se ha eliminado por competo **(Acurio et al., 2023).** Las curvas de cinética son concordantes con lo hallado por **Umaña et al. (2019)** en su estudio de cinética de secado de coco por radiación a 60, 80, 100 y 120 °C, demostrando una tendencia similar de las curvaturas a medida que aumentó la temperatura del proceso.

2.2.1 Curva de velocidad de secado

La velocidad de secado se divide en 3 etapas ente A-B existe un periodo de inducción o secado creciente, B-C un período de velocidad constante y C-D período de velocidad decreciente **(Fito et al., 2020),** como como se puede ver en la **Figura 6.**

En el periodo A-B las curvas presentan mayor decrecimiento, esto se atribuye a varios factores como la humedad inicial del alimento, la temperatura, velocidad del aire y entre otros **(Fito et al., 2020),** el aumento de la velocidad de evaporación hace que la velocidad alcance su pico máximo de secado como explica **Parikh (2014).** Con relación a estos factores se asume que la humedad elevada de los frutos en estudio interviene en la velocidad de secado obteniendo a 60°C una reducción de humedad de 4.22 $g_{agua}/g_{sólido\ seco}$, a 55°C de 4.41 $g_{agua}/g_{sólido\ seco}$ y 50°C de 4.38 $g_{agua}/g_{sólido\ seco}$ en su primer descenso. Así mismo **Hincapié et al. (2010)** mencionan que al aumentar la temperatura aumenta la velocidad de secado en un mismo período de tiempo

Por otro lado, entre B-C se puede evidenciar que las curvas empiezan a tener una tendencia similar entre 50 y 55°C y mínimamente diferente a 60°C, **Fito et al. (2020)** explican que este proceso también se denomina "humedad crítica" donde la velocidad de secado disminuye ya que en este proceso la materia prima permanece húmeda haciendo que la temperatura se consuma totalmente en evaporar el agua. La humedad crítica de los frutos de *Margyricarpus pinnatus* oscila entre 1,86 y 1,87 $g_{agua}/g_{sólido\ seco}$ hasta llegar al punto C.

En la etapa final C-D se puede observar nuevamente una velocidad decreciente, en este proceso la temperatura actúa sobre el agua ligada del alimento y hace que la velocidad disminuya como señala **Castillo (2024)** en su estudio con lenteja de agua, por lo tanto, la humedad final en los frutos de *Margyricarpus pinnatus* fue de 0,074 a 0,081 $g_{agua}/g_{sólido\ seco}$.

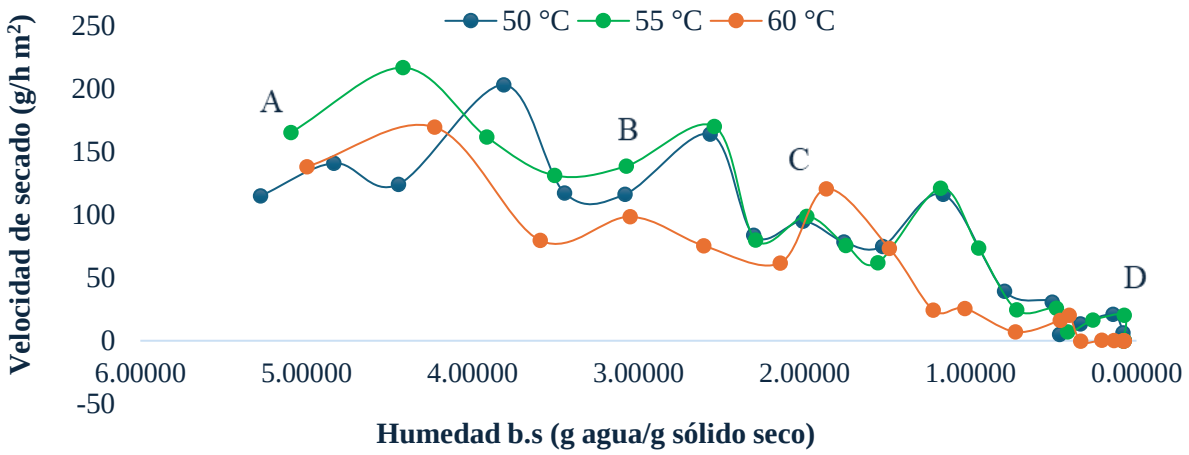


Figura 6. Curva de velocidad de secado de los frutos de *Margyricarpus pinnatus* a 50, 55 y 60 °C

2.3 Evaluación de las propiedades fisicoquímicas, reológicas, tecnológicas y la composición proximal de la harina obtenida de los frutos de *Margyricarpus pinnatus* (Lam.) Kuntze

2.3.1 Evaluación de las propiedades fisicoquímicas

Tabla 6.

Parámetros fisicoquímicos de la harina de los frutos de *Margyricarpus pinnatus* (Lam.) Kuntze deshidratados a tres temperaturas.

Análisis	**50 °C**	**55 °C**	**60 °C**
Actividad de agua	0,46 ± 0,02	0,37 ± 0,01	0,18 ± 0,02
pH	6,31 ± 0,09	6,33 ± 0,03	6,41 ± 0,03
Acidez titulable	0,55 ± 0,01	0,57 ± 0,01	0,54 ± 0,01

Nota: Datos obtenidos por triplicado

Análisis actividad de agua (A_w)

Los datos de actividad de agua pueden variar dependiendo de la textura de la harina, si es menor a 0,6 se produce un reblandecimiento de la misma **(Montoya et al., 2010).** Este análisis presentó diferencia significativa entre las tres temperaturas de secado (**Anexo 5**), con un promedio de Aw de 0,46 a 50°C, 0,37 a 55 °C y 0,18 a 60°C, estos resultados son similares a los obtenidos por **Toconás et al. (2023**) en harina de banano verde con 0,5 y banano maduro con 0,4. No obstante, los resultados se encuentran dentro rango

máximo de Aw en productos secos que oscila entre 0,35 a 0,50 dicho parámetro influye en las reacciones químicas, desarrollo de microorganismos y textura del producto **(Marynin et al., 2021)**. De igual manera **Uechi (2006)**, indica que los alimentos con Aw inferior a 0,7 son estables frente al deterioro físico, químico y biológico y menor a 0,6 son mucho más estables al deterioro microbiológico. Debido a la baja Aw que presenta harina de los frutos de *Margyricarpus pinnatus* se puede afirmar que es un producto estable y que se encuentra dentro del parámetro de seguridad microbiológica (Aw < 0,6) (**LabFerrer, 2016; Uechi, 2006**).

Análisis de pH y acidez titulable

Se pudo determinar que tanto para el pH y acidez titulable la única muestra significativamente diferente fue a 60°C. De acuerdo con **Ore et al. (2020)** se puede corroborar que la temperatura no afecta este parámetro, ya que en su estudio deshidrató oca a 60, 70 y 80°C obteniendo valores de pH similares entre 5,50 para todas las temperaturas, sin presentar diferencias significativas. El pH de la harina de los frutos de *Margyricarpus pinnatus* oscilaron entre 6,31 a 6,41, valores cercanos a 7, encontrándose dentro del rango permitido para galletas (5,5 a 9,5) que rige en la normativa **NTE INEN 2085 (2005)**. De igual manera, dentro del intervalo de 6 a 6,8 que posee la harina de trigo comúnmente usada en panadería, pastelería u otros usos (**Badui, 2006**). Por otro lado, en frutas el pH y acidez titulable dependen de la maduración y aumento en los sólidos solubles como indican **Toconás et al. (2023**) en su estudio de harina con banano maduro con un pH 6,2 cercano a los valores obtenidos. La harina de este estudio es apta para ser considerada como harina comercial (pH>5,6) (**Espinosa et al., 2018**).

La acidez titulable osciló entre 0,54 a 0,57%, dichos resultados superan el límite descrito en la normativa **NTE INEN 616 (2015),** que indica un máximo de 0,2% de acidez en harina de trigo para uso galletero. Dichos resultados se asemejan a los obtenidos en el estudio de **Toconás et al. (2023**) en harina de banano maduro con 0,5% de acidez, pero son muy superiores a 0,18% obtenidos por **Ore et al. (2020)** en harina de oca deshidratada a 60°C. **Bustillos (2022)** menciona que la acidez es producida por los microorganismos presentes en la harina y pueden ser aprovechados en productos fermentados. Es por ello, que se puede sugerir el uso la harina de los frutos de *Margyricarpus pinnatus* como ingrediente en la elaboración de yogurt, pan de masa madre, entre otros.

Análisis de granulométrico

Tabla 7.

Porcentaje de retención en cada tamiz de la harina de los frutos de *Margyricarpus pinnatus* (Lam.) Kuntze deshidratados a tres temperaturas**.**

Tamiz (N°)	Apertura (μm)	50 °C (%)	55°C (%)	60°C (%)
80	180	37,5	35,5	34

100	150	35	37	32
120	125	9	6,5	8
Base	-	18,5	21	26
Total	-	100	100	100

En el tratamiento a 50°C se observó que al alrededor de 81,5% de harina quedo retenida en los tamices de número 80, 100 y 120 en comparación de los otros tratamientos, a 60°C se observó mayor cantidad de partículas finas en el recolector, es decir, que la harina fue más fina con partículas más pequeñas y sin formación de grumos. La normativa INEN 616 indica que un mínimo de 95% de harina debe atravesar un tamiz de 212 μm para todo uso, así como también lo sugiere el Codex alimentarios con el mínimo del 98% de harina **(NTE INEN 616 2015; Pascual & Encina, 2022)**. Según **Zuleta et al. (2012)** una harina con mayor uniformidad genera un producto final de alta calidad en aspectos de textura, sabor y apariencia visual, sin embargo, la gelatinizado del almidón en partículas de gran tamaño mejora las propiedades de masas cocidas en productos como pastas, demás, mencionan que el tiempo de molienda no se relaciona siempre con el tamaño de las partículas. **Belorio et al. (2019)** concluyeron que para obtener una masa cohesiva y laminable para elaborar galleta la harina debe contener una proporción mínima de partículas de menor dimensión, considerando así que la granulometría de la harina de los frutos de *Margyricarpus pinnatus* obtenida a 60°C es más apta para uso galletero por la mayor uniformidad de sus partículas.

Análisis de color

El color es un atributo de aceptación muy importante por el consumidor (**Villar et al., 2021).** En la **Tabla 8** se presentan los resultados obtenidos de color para las coordenadas L*, a*, b*, C*, H* y IW. Además, las harinas presentaron tonalidades diferentes para cada temperatura un color marrón a 50°C, café obscuro a 55°C y un café poco más claro a 60°C como se puede observar en la **Figura 7**.

Tabla 8.

Parámetros fisicoquímicos (Color) de la harina de los frutos de *Margyricarpus pinnatus* (Lam.) Kuntze deshidratados a tres temperaturas**.**

Coordenadas	50 °C	55°C	60 °C
L*	47,9	49,8	66,4
a*	9,5	6,8	4,3
b*	22,6	20	12,9
C*	24,6	21,1	13,6

H*	67,2	71,2	71,7
IW	8,6	10,2	40,6

Nota: L* (negro/blanco), a* (rojo/verde), b* (amarillo/azul), C* (croma/pureza), H* (tono) e IW (índice de blancura).

En cuanto al color, la harina de los frutos de *Margyricarpus pinnatus* presentó valores cercanos en las coordenadas L*, a*, b*, C*, H* e IW para las temperaturas de 50 y 55°C, mientras que a 60°C los valores fueron muy diferentes en la mayoría de las coordenadas, a excepción del valor de H* que fue similar para las tres temperaturas como se presenta en la **Tabla 8.** Datos similares para 50 y 55°C se demuestra en el estudio de **González et al. (2020)** para harina de guisantes verdes elaborada a 50°C obteniendo datos para L* = 41,5; a* = -6,7; b* = 23,7 y H* = 74,21, además, menciona que la temperatura influye directamente sobre el oscurecimiento de la harina. Por otro lado, según **Villar et al. (2021)** en su estudio de harina de quinua menciona qué la molienda de los granos genera un aumento en valores de L* y H*, mientras que C* se disminuye considerablemente luego del proceso de reducción de tamaño y eliminación de la corteza externa del grano que podría disminuir los carotenoides en la harina. A 50 °C se obtuvo un mayor valor para a* de 9,5, un valor positivo y elevado en la coordenada a* demuestra un mayor contenido de carotenoides en el alimento **(Dussán et al., 2019)**, los carotenoides otorgan desde una coloración amarillenta hasta un rojo intenso, durante el proceso de secado se concentran los antioxidantes generando un efecto protector sobre los carotenoides responsables del color **(Badui, 2006)**.

Haciendo énfasis al valor final de índice de blancura, a 60°C se obtuvo un mayor IW (40,6), resultado inferior al obtenido por **Montoya et al. (2010)** en harina de trigo comercial con un IW igual a 69,6, también, menciona que una superficie blanca ideal debe tener un IW igual a 100, permitiendo concluir que la harina *Margyricarpus pinnatus* obtenida a 60°C es mucho más clara, sin embargo, su color está muy por debajo de poseer una blancura ideal.



Figura 7. Color de la harina de los frutos de *Margyricarpus pinnatus* deshidratados a 50, 55 y 60°C

2.3.1 Evaluación de las propiedades reológicas

Para determinar el comportamiento reológico, se realizó una mezcla del 25% de harina de los frutos de *Margyricarpus pinnatus* y 75% de harina de trigo común, **Tabla 9**. Para determinar dicha sustitución se realizó un análisis bibliográfico basado en el manual de **Chopin Technologies (2018**) que recomienda los porcentajes de sustitución de harina de grillo en harina de trigo. Los resultados obtenidos directamente del equipo pueden verse en **Anexo 4.**

Tabla 9.

Propiedades reológicas de la harina de los frutos de *Margyricarpus pinnatus* (Lam.) Kuntze deshidratada a 60°C, análisis en Mixolab.

Formulación	Condiciones	C	Tiempo (min)	Par (Nm)
75 % de Harina de trigo y 25% de harina de los frutos de *Margyricarpus pinnatus*	**Hidratación**: 56,6 %	C1	7,42 ± 0,10	1,10 ± 0,02
		C2	20,52 ± 0,09	0,29 ± 0,05
		C3	25,98 ± 0,01	1,41 ± 0,02
	Humedad: 11,7%	C4	33,18 ± 0,02	1,17 ± 0,04
		C5	45,03 ± 0,11	1,75 ± 0,01

Nota: Desarrollo de la masa (C1), poder de hinchamiento (C2), gelatinización del almidón (C3), actividad amilasa (C4) y retrogradación del almidón (C5)

Análisis de desarrollo de la masa C1

Para esta mezcla fue necesario una hidratación de 56,6% la cual se encuentra dentro del rango de 51,6 a 63,4% para harina de trigo blanco y harina integral respectivamente **(Chopin Technologies, 2012).** Sin embargo, **Chuqui & Paucar (2021)** señalan que una harina libre de gluten puede tener una capacidad de absorción igual al de una harina fuerte, aun así, no tolerar un amasado prolongado, además refieren a que la hidratación depende de la granulometría, el contenido de proteína y almidón, humedad inicial y relativa del medio.

Por lo tanto, para C1 se obtuvo un par de 1,10 Nm en un tiempo de 7,42 minutos, el par se encontró en el rango normal establecido por Mixolab para obtener datos reológicos confiables **(Chopin Technologies, 2012)**, se presume que es una harina fuerte por sobrepasar los 3 minutos de desarrollo, logrando así una estabilidad de la masa óptima para panificación (**Silva et al., 2020; Acurio et al., 2018**), sin embargo, para la elaboración de galletas ya sea con harina débil o de fuerza media no requiere de un tiempo de desarrollo muy prolongado (**Cabezas, 2021).** Por otra parte, **Correa (2017)** en su investigación obtuvo un par de 1.11

Nm en una sustitución de 20% de harina de quinua y 80% de harina de trigo, valor similar al obtenido. Mediante C1 y el tiempo de desarrollo obtenido, se puede aseverar que la mezcla de harina de los frutos de *Margyricarpus pinnatus* y harina de trigo, es una harina fuerte con características idóneas para elaboración de pan y galletas por su buena extensibilidad y fácil moldeamiento **(Cruañes, 2013).**

Análisis de poder de hinchamiento C2

En C2 se obtuvo un par de 0,29 ± 0,05 Nm, valor cercano o igual a la harina de distintas variedades de trigo que oscila entre 0,17 a 0,40 Nm hallados por **Chancusig et al. (2024)** donde además mencionan que bajo nivel de C2 la masa presenta un déficit para retener CO2 durante la fermentación y no logra un volumen adecuado, corroborando con lo expuesto **Silva et al. (2020**) explican que se debe a la pérdida de la calidad proteica al momento de una sustitución, haciendo que el gluten disminuya o forme una red inestable para retener CO2. Por otro lado, **Bustillos (2022)** en su estudió manifiesta que un alto porcentaje de fibra y ceniza en la harina puede menorar el nivel de desdoblamiento de las proteínas, ya que actúa como protección de las estructuras haciéndolas más fuertes y aumentando el nivel de C2. Por tal motivo, la mezcla de harina de frutos de *Margyricarpus pinnatus* en harina de trigo presentó mayor debilitamiento de las proteínas, concluyendo que la calidad proteica es baja.

Análisis de gelatinización del almidón C3

En cuanto a la gelatinización del almidón se obtuvo un par de 1,41 ± 0,02 Nm, similar al par de 1,74 Nm en harina de trigo para galletas obtenido por **Cabezas (2021)** y al C3 de 1,48 Nm de harina de trigo variedad INIAP VIVAR reportado por **Chancusig et al. (2024).** De este proceso depende la viscosidad de la masa, un nivel bajo de C3 presenta una masa ideal en el desarrollo de productos de volumen reducido y miga pegajosa (**Silva et al., 2020**), de lo contrario un C3 alto la masa será muy viscosa no apta para panificación ya que afectará su apariencia y textura **(Acurio et al., 2018)**. Así mismo, **Correa (2017)** expone que un elevado C3 resulta de una buena calidad del almidón y comportamiento moderado de la amilasa. En la base a la información recopilada por mencionados autores, se puede inferir que la mezcla realizada es de buena calidad y óptima para la elaboración de galletas.

Análisis de actividad amilasa C4

La amilasa actúa sobre el almidón separándolo en moléculas pequeñas denominadas dextrinas, que actúan en el proceso de gelificación otorgando consistencia y el volumen de la masa, una mayor actividad amilasa

logra un mayor desdoblamiento del almidón y una masa muy blanda, de lo contrario si la actividad es muy baja la masa será rígida y no tendrá volumen (**Silva et al., 2020**), es un proceso irreversible que genera susceptibilidad a la hidrolisis enzimática **Chancusig et al. (2024).** Para la mezcla analizada se evidenció un C4 de 1,17 Nm, lo cual indica que hay una baja actividad amilasa capaz de producir una masa densa (**Acurio et al., 2018**).

Análisis de retrogradación del almidón C5

Finalmente, para la mezcla realizada se obtuvo una retrogradación del almidón de 1,75 ± 0,01 Nm, **Tabla 10,** valor superior a 1,38 Nm reportado en el libro de **Chopin Technologies (2012)**, en una sustitución de 20% de harina de amaranto en harina de trigo común, la vida útil del producto disminuye a medida que aumenta valor de C5, es decir existe una relación inversamente proporcional (**Silva et al., 2020**). No obstante, este parámetro depende de varios factores como la fuente de almidón, como se integren la amilosa y amilopectina, y el alcance de la cadena **(Bustillos, 2022)**. En base a lo expuesto, se puede decir que la mezcla de harina de los frutos de *Margyricarpus pinnatus* y harina de trigo tendrían un bajo tiempo de vida útil.

2.3.2 Evaluación propiedades tecnológicas

Según **Wang et al. (2021**) los tratamientos térmicos afectan mínimamente a los parámetros tecnológicos, como se puede observar en la **Tabla 10**, es por ello que se considera que mayormente dependen de la estructura química de los polisacáridos presentes en la matriz **(Meneses & Velasco, 2017)**. Las diferencias significativas pueden verse en **Anexo 5.**

Tabla 10.

Propiedades tecnológicas de la harina de los frutos de *Margyricarpus pinnatus* (Lam.) Kuntze deshidratados a tres temperaturas.

Análisis	50 °C	55 °C	60 °C
Densidad aparente (g/ml)	0,38 ± 0,02	0,39 ± 0,01	0,42 ± 0,03
Capacidad de absorción de agua (g agua/g muestra)	0,74 ± 0,04	0,76 ± 0,03	0,77 ± 0,03
Capacidad de absorción de aceite (g aceite/g muestra)	7,24 ± 0,02	7,45 ± 0,01	8,44 ± 0,02
Capacidad emulsificante (%)	10 ± 0,02	12 ± 0,01	15 ± 0,01
Estabilidad de la emulsión (min)	10 ± 1	11 ± 1	11 ± 2

Capacidad de gelificación (%)	10 ± 0,01	20 ± 0,03	2 ± 0,02
Capacidad de hinchamiento (ml agua/g muestra)	2,7± 0,09	2,9± 0,07	3,5 ±0,10
Índice de solubilidad en agua (g/g)	2,4 ± 0,03	2,4 ± 0,02	2,7 ± 0,04

Nota: Datos obtenidos experimentalmente por triplicado

Densidad aparente

La densidad aparente en este estudio fue de 0,38 a 0,42 g/ml como se evidencia en la **Tabla 10,** no presentaron diferencias significativas. Según **Mesfin et al. (2021)** manifiestan que a temperaturas elevadas existe un incremento de la densidad. Dichos valores son semejantes a la densidad en harina de cebada (0,45 g/ml) pero muy inferiores a la harina de maíz (0,82 g/ml), sin embargo, se encuentra se acerca de la densidad de galletas que oscila entre 0,41 a 0,53 g/ml basado en la FAO/ INFOODS como indican **Charrondiere et al. (2012).** Sus variaciones dependen de la humedad y tamaño de las partículas, definiendo las condiciones y tiempo de almacenamiento del producto (**Villar et al., 2021**), una mayor densidad se debe a partículas más finas, ya que poseen menos espacio entre ellas, mayor interacción entre las partículas, menor cohesión y mejor fluidez, lo cual favorece al envasado de la harina (**Gremasqui et al., 2021)**. Por lo tanto, se considera que la harina de los frutos de *Margyricarpus pinnatus* posee una densidad adecuada para la elaboración de galletas y un mejor almacenamiento.

Capacidad de absorción de agua (CAA), capacidad de hinchamiento (CH), e índice de solubilidad en agua (ISA)

Como se puede apreciar en la **Tabla 10,** existe una ligera variación entre los valores de CAA, CH e ISA entre las temperaturas de secado, pero no presentan diferencias significativas, lo cual indica que la temperatura no influye directamente sobre dichas propiedades. **Techeira et al. (2014)** deducen que es posible que a mayor temperatura exista mayor relajamiento entre las fuerzas intragranulares lo que hace que mayor agua ingrese al almidón y se genere un aumento de dichas propiedades. además de no presentar diferencias significativas en sus propiedades a 50, 55 y 60°C. En cuanto a la CAA se encuentra entre 0,74 a 0,77 g/g, resultados inferiores a 1,75 y 1,76 g/g en harina de trigo y amaranto respectivamente obtenidos en el estudio de **Cabezas (2021),** para el desarrollo de galletas tipo cracker, pero siendo similares a los valores de CAA en harina de chontaduro con 0,73 a 0,80 g/g considerado baja, sin presentar diferencias significativas como reportan **Meneses & Velasco (2017)**. Teniendo en cuenta que la harina de los frutos de *Margyricarpus pinnatus* presentó valores igual al de harina de chontaduro se considera que tiene una CAA baja.

Así también, se obtuvo una CH de 2,7 a 3,5 g/g valores superiores a 1,79 y 1,80 en harina de trigo y amaranto respectivamente (**Cabezas, 2021),** la CH está directamente con la absorción de agua **(García et al., 2012) .** Las variaciones en la capacidad hinchamiento e índice de solubilidad se deben a la composición de la harina (fibra y proteína) y su estructura, como también al peso molecular de amilosa y amilopectina, y sus interacciones presentes **(Ada, 2016)**. Según **Herrero, (2022**) el tamaño de la partícula también influye en capacidad de hinchamiento, a menor tamaño y mayor contenido proteico; mayor capacidad. Por otro lado, la CAA además de composición de la harina, también se relaciona con el estado físico del almidón y los altos niveles de fibra **(Torres et al., 2018 ; Ada, 2016),** una mayor cantidad de proteína o aminoácidos polares favorece a una mayor CAA, sin embargo, un mayor contenido amilosa puede reducir dicha propiedad ya que posee menos sitios de interacción con el agua **(Herrero, 2022),** harinas con alta CAA puede ayudar a obtener productos de textura suave (**Guiñazú, 2020**).

Del mismo modo de dichas propiedades depende el rendimiento de la masa, firmeza al producto final y apariencia agradable durante más tiempo **(Aguirre et al., 2018).** De esta manera la harina de los frutos de *Margyricarpus pinnatus* no es adecuada para productos como embutidos, panes, sopas ya que no podrían proporcionar un volumen adecuado al producto final, pero si en formulaciones de galletas ya que se requieren de una harina débil con baja elasticidad, baja resistencia de deformación y una buena extensibilidad **(Cruañes, 2013).**

Capacidad de absorción de aceite (CAG)

La CAG en este estudio osciló entre 7,24 a 8,44 g/g siendo significativamente diferentes entre 50, 55 y 60°C, dichos valores son muy superiores a los reportados por **Villar et al. (2021**) en harina de quinua con 1,4 g/g, así mismo, superando a 2,67 y 3,05 g/g en harina de trigo y amaranto respectivamente obtenidos por **Cabezas (2021).** De igual manera, la CAG en cereales sin gluten de 1,47 g/g y en trigo de 1,69 g/g (**Guiñazú, 2020**). Comparando los resultados obtenidos en este estudio con los autores mencionados, podemos decir que la harina obtenida presenta elevada CAG.

Según **Ramírez & Pacheco (2009)** expresan que dicha propiedad es importante en productos congelados listos para freír, galletas y productos a base de cereales, además sugieren el uso de harina de frutas para este tipo de productos. De esta manera, puede ser posible el uso de la harina de los frutos de *Margyricarpus pinnatus* en la formulación de galletas, ya que otorga sabor, consistencia al producto final y una mejor sensación bucal (**Herrero, 2022**).

Capacidad de emulsificación (EA) y estabilidad de la emulsión (ES)

La EA para la harina en estudio varió entre 10 y 15%, presentado diferencia significativa la temperatura de 60°C, y una baja estabilidad de 10 y 12 min. Los bajos valores de EA y ES puede deberse al contenido y tipo de proteína inadecuado para formar una emulsión **(Ada, 2016),** así como también depende de los grupos hidrofílicos y lipofílicos presentes en la harina, la velocidad de la mezcla, el tipo de aceite y el sistema aplicado (**Chaparro et al., 2014**). Según **Cabezas (2021)** las harinas con una elevada capacidad emulsificante se pueden utilizar en productos suaves y esponjosos que requieran de una emulsión, sin embargo, la harina de los frutos de *Margyricarpus pinnatus* posee baja emulsión optima en galletas por su consistencia dura.

Capacidad de gelificación

La harina de los frutos de *Margyricarpus pinnatus* obtuvo una gelificación de 20% a 55, 10% a 50°C y 2% a 60°C existiendo diferencia significativa entre todos los valores, estas variaciones pueden deberse a la mínima diferencia en su composición proximal (**Tabla 11 y 12**), tanto en el contenido de proteína, grasa e hidratos de carbono presentes en la harina **(Ada, 2016)**. Mientras menor sea la cantidad de almidón presente, mejor será su capacidad de gelificación (**Guiñazú, 2020**). Permitiendo, predecir que la harina en este estudio obtenida a 55°C contiene menor almidón a diferencia de las demás.

2.3.3 Evaluación de la composición proximal.

En la **Tabla 11,** se reportan los porcentajes de humedad, proteína, ceniza y grasa de la harina de los frutos de *Margyricarpus pinnatus* para cada temperatura empleada para el secado, los datos de diferencias significativas pueden verse en **Anexo 5.**

Tabla 11.

Composición proximal de la harina de los frutos de *Margyricarpus pinnatus* (Lam.) Kuntze deshidratados a tres temperaturas.

Análisis (%)	50 °C	55 °C	60 °C
Humedad	11,48 ± 0,03	10,64 ± 0,02	7,22 ± 0,01
Proteína	9,31	8,67	9,55
Ceniza	5,75 ± 0,03	5,72 ± 0,02	5,75 ± 0,02
Grasa	7,54 ± 0,05	7,44 ± 0,04	7,18

Nota: Datos obtenidos experimentalmente por triplicado.

Análisis de humedad

La humedad inicial de los frutos frescos de *Margyricarpus pinnatus* fue de 82, 4%, luego del proceso de secado y molienda la harina obtuvo una humedad de 11,48% a 50°C, 10,64% a 55°C y 7,22% a 60°C presentado diferencia significativa, así también, pudo evidenciar que a mayor temperatura e igual tiempo de secado la humedad descendió considerablemente, sobresaliendo que a 60°C se obtuvo una menor humedad. Los valores obtenidos se encuentran por debajo del 14,5%, manteniéndose dentro del límite máximo de humedad permitido en la normativa **NTE INEN 616 (2015),** en harina de origen vegetal para uso de galleta. De igual manera, está dentro del 15,5% máximo de humedad establecido en la normativa del Codex alimentarios CODEX STAN 152-1985 para harina de trigo **(Salinas & Aguilar, 2010)**, los bajos niveles de humedad representan un bajo riesgo microbiológico **(Pascual & Encina, 2022)**. Estos resultados son inferiores a los obtenidos por **Aguirre et al. (2018)** que consiguieron un 10,19% de humedad en harina manzana deshidratada a 60°C por 12 horas. Bajo este contexto, la harina de los frutos de *Margyricarpus pinnatus* puede ser almacenada a temperatura ambiente con un bajo riesgo de contaminación microbiológica y buena alternativa dentro de la industria galletera o alimentaria.

Análisis de Proteína

La proteína en este estudio osciló entre 8,67 a 9,55 % (**Anexo 3**), todas las muestras son significativamente diferentes como se puede ver en Anexo 5, sobrepasando el 7% mínimo requerido de proteína en la normativa **NTE INEN 616 (2015)** para uso galletero. Sin embargo, es inferior a 16,09 % de proteína en harina de trigo y superior a 4,88 y 3,55% en harina de residuos de naranja y manzana respectivamente determinados por **Pascual & Encina (2022)**. Por otra parte, **Vázquez & Vizcarra (2008)** precisan que un inadecuado control de la temperatura durante el proceso de secado puede disminuir la calidad del grano y por ende en la harina en su mayoría de veces, un efecto negativo es la desnaturalización de las proteínas. En panificación la proteína deseada se encuentra entre 12 y 13%, mientras que para galleta un máximo de 10% **(Cabezas, 2021)**, un bajo contenido proteico confiere mejor apariencia, textura crujiente y mejores cualidades organolépticas **(Picon, 2014)**. Por ende, la harina de los frutos de *Margyricarpus pinnatus* es apta para la elaboración de galletas más no para panificación.

Análisis de Ceniza

Se determinaron valores de ceniza entre 5,72 a 5,75%, presentando diferencia significativa, dichos valores están fuera del 0,8 % máximo de ceniza en harina de trigo para productos galleteros (**NTE INEN 616, 2015).** Valores poco dispersos en comparación con harina de papa china con 4,92% de ceniza **(Escobar et al., 2016).** Un alto contenido de ceniza representa una harina menos purificada, con un mayor contenido de salvado fino y endospermo, sin embargo, desde el punto de vista nutricional, representa un aumento en la fibra dietética, vitaminas y proteínas libre de gluten **(Czaja et al., 2020).** En galletas el alto contenido de ceniza puede ayudar a mejor el perfil nutricional, sin embargo, puede afectar el color y sabor del producto terminado **(Al-Marazeeq et al., 2024)**. Desde el punto de vista nutricional la harina de los frutos de *Margyricarpus pinnatus* es buena fuente de minerales, aunque, no podría ser utilizaba como materia principal sino como sustituto parcial para elaboración de galletas.

Análisis de Grasa

En cuanto al contenido de grasa se determinó que existe diferencia significativa, destacando el 7,54% mayor de grasa en la harina obtenida a 50°C, estos resultados sobrepasan el máximo del 2% de grasa que indica la normativa **NTE INEN 616 (2015)** en harina de trigo para uso galletero. Este valor podría atribuirse a la presencia de aceites esenciales (sabineno en 24,2%, limoneno en 9,1% y pinocarvona en 9,7%) en los frutos de *Margyricarpus pinnatus* determinados por **García et al. (2009).** Comparando con los resultados reportados por **Escobar et al. (2016)** dicho valor se acerca a 8,18% de grasa en harina de chonta y supera considerablemente a 0,31% en harina de papa china. **Pascual & Encina (2022)** explican que esta variación puede relacionarse con el proceso de molienda, donde se extrae el salvado y el germen reduciendo la grasa, favoreciendo en la elaboración de galleta y productos horneados, ya que no contribuye al contenido de grasa del producto final, pero si influye en las características sensoriales **(Al-Marazeeq et al., 2024).** En base a lo expuesto, la harina de los frutos de *Margyricarpus pinnatus* podría usarse para elaborar galleta.

Análisis fibra dietética, carbohidratos y calorías totales

Para el análisis de fibra dietética, carbohidratos y calorías totales se realizaron a una única muestra cómo se indica en la **Tabla 12**, considerando que la temperatura de 60°C presenta mayor diferencia estadísticamente significativa entre las propiedades fisicoquímicas y composición proximal (humedad, proteína, grasa, ceniza).

Tabla 12.

Composición proximal (fibra dietética, carbohidratos y calorías totales) de la harina de los frutos de *Margyricarpus pinnatus* (Lam.) Kuntze obtenida a 60°C.

Análisis	Harina a 60°C
Fibra Dietética (%)	44,4
Carbohidratos totales (%)	25,90 ± 0,10
Calorías totales (kcal)	206.42 ± 101,10

Nota: Datos obtenidos de carbohidratos y calorías totales por triplicado.

Con respecto a la fibra dietética, la harina de los frutos de *Margyricarpus pinnatus* se obtuvo 44,4% (**Anexo C)** un valor cercano a **Guerra et al. (2020)** en harina de naranja con 39,52 ± 2,08%, además, mencionaron que la harina de cítrico sobresale en fibra en comparación con harina de cereales, ya que poseen aproximadamente un 33% mientras que el salvado de trigo solamente un 7%, por esta razón, este tipo de harinas se pueden incluir en embutidos cocidos y maduros para mejorar la textura gracias a sus propiedades funcionales de ligar agua y grasa. Sin embargo, dicho porcentaje representa 6,66 g encontrándose por debajo de 25 g de la ingesta diaria recomendada **(Henríquez & Burgos, 2023),** lo cual indica que el consumo de la harina de los frutos de *Margyricarpus pinnatus* no puede estar limitado. Comparando con los resultados reportados por **Ramírez & Pacheco (2009),** determinaron que la harina de piña contiene 13,65%, guayaba un 65,64% y guanábana un 49,34% de fibra dietética total deshidratadas a 80°C durante 4 horas, el resultado obtenido en este estudio se acerca más a la fibra de harina de guanábana, pudiendo ser usada como sustituto en harinas de embutidos.

En cuanto al contenido de carbohidratos, se obtuvo el 25,90%, valor inferior al 58,87% reportado por **Aguirre et al. (2018)** en harina de manzana quienes indicaron que en este tipo de harinas la mayoría de los carbohidratos son los azúcares reductores, mientras que en la harina de maíz es el contenido de almidón. Según **Al-Marazeeq et al. (2024)** un alto contenido de carbohidratos en este tipo de harinas se debe a la naturaleza de las frutas que suelen ser ricas en fibra y azúcares, lo cual podría hacer galletas más tensas y dulces a comparación de la harina convencional. Por otro lado, los carbohidratos son una buena fuente de energía y almacenamiento **(Blanco et al., 2009)**. En la presente investigación la harina presentó 206,42 kcal, resultado similar al de la bibliografía contrastada por **Zuleta et al. (2012)** en harina de algarroba con 51% carbohidratos y 205 kcal, mientras que la harina de trigo con 70,6% carbohidratos posee entre 348 a 400 kcal. Concluyendo que la harina de los frutos de *Margyricarpus pinnatus* posee una aceptable cantidad de carbohidratos y calorías.

CAPITULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1 CONCLUSIONES

- Mediante las curvas de cinética de secado se pudo analizar y entender el efecto de las temperaturas sobre la reducción de humedad con respecto al tiempo. A su vez, el secado tuvo efecto significativo sobre algunas de las propiedades analizadas dentro de la caracterización de la harina, como la actividad de agua, pH y Acidez titulable, capacidad de absorción de aceite, capacidad emulsificante, capacidad gelificante, proteína, humedad y grasa.
- Los frutos de *Margyricarpus pinnatus* fueron recolectados con fines alimentarios y secados por convección forzada a 50, 55 y 60°C, temperaturas que consiguieron una humedad de 11,48%, 10,64% y 7,22% respectivamente, cumpliendo con la humedad requerida por la normativa ecuatoriana NTE INEN 616 para harina de origen vegetal, así mismo presentaron granulometría fina apta para elaboración de galletas. Sin embargo, presentó un bajo rendimiento de 18.21% lo cual es una desventaja de uso en la industria alimentaria, proponiendo que pueda ser utilizada como sustituto en otras harinas más no como materia prima principal.
- El secado de los frutos de *Margyricarpus pinnatus* a 50, 55 y 60°C demostró que la temperatura influye directamente sobre el tiempo de secado, afirmando que a mayor temperatura; menor tiempo de secado. El secado fue más rápido a 60°C en un tiempo de 4 horas, mientras que a 50 y 55°C requirieron entre 5 y 6 horas respectivamente, en la etapa inicial entre A-B se generó una mayor pérdida de humedad debido a la remoción del agua libre que se produce en menor tiempo a diferencia del agua ligada que se evidencia en la etapa B-C.
- La harina de frutos de *Margyricarpus pinnatus* demostró ser rica fibra dietética con 44,4%, beneficiosa para la salud. Así mismo, presentó baja actividad de aw y pH cercano a la neutralidad, los cuales son óptimos para alargar el tiempo de vida útil del producto. Por otro lado, se obtuvo una granulometría fina, aceptable CAG y capacidad de gelificante responsables de la textura y sabor de los productos horneados. De igual manera, la reología de la masa presentó resultados aceptables con un par de 1,10 Nm e hidratación de 56, 6% favorable para panificación. Sin embargo, el color café oscuro es uno de los limitantes para su uso, que podría resultar poco agradable.

3.2 RECOMENDACIONES

- Realizar el análisis fisicoquímico y proximal de los frutos frescos de *Margyricarpus pinnatus,* para identificar de mejor manera los efectos de la temperatura sobre las propiedades después de un proceso de secado.
- Considerar que los frutos de *Margyricarpus pinnatus* se producen de manera espontánea, específicamente en zonas andinas y temporada de lluvia antes de empezar cualquier tipo de investigación.
- Determinar el contenido y calidad del almidón presente en la harina de los frutos de *Margyricarpus pinnatus* ya que la mayoría de las propiedades tecnológicas y reológicas se relaciona directamente con el almidón.
- Realizar un blanqueamiento previo de los frutos de *Margyricarpus pinnatus* para estudiar la influencia sobre el color de la harina.
- Con las caracterizas de color reportadas, se sugiere aplicar la harina de los frutos de *Margyricarpus pinnatus* en productos que de alguna manera cubran su color como galletas de chocolate, pan integral, entre otros.

MATERIALES DE REFERENCIA

Acurio, L., Baquerizo, A., Borja, A., Vayas, M., García-Segovia, P., Martínez-Monzó, J., & Igual, M. (2023). *Water-Sorption Isotherms and Air-Drying-Kinetics Modelling of Andean Tubers and Tuberous Roots*. 71. https://doi.org/10.3390/foods2023-15141

Acurio, P., Villacrés, E., & Paredes, M. (2018). Modificación de las propiedades reológicas y panificables mediante fermentación del almidón de maíz variedad INIAP 122. *Alimentos Ciencia e Ingeniería*, *26*(1), 17–25. https://doi.org/10.31243/aci.v26i1.1739

Ada Ollomo, P. K. (2016). *HARINA DE TRIGO SARRACENO EN*.

Aguirre-Castillo, G. A., Castillo, J., Trejo-Márquez, M. A., Pascual-Bustamante, S., & Lira Vargas, A. A. (2018). *Elaboración de harina de manzana (Malus domestica) a partir de residuos provenientes del proceso de elaboración de jugo aplicada en una botana horneada. 3*, 234–240.

Aguirre, Z., Yaguana, C., & Merino, B. (2014). Plantas medicinales de la zona andina de la provincia de Loja. *Herbario y Jardín Botánico "Reinaldo Espinosa,"* 193.

Al-Marazeeq, K., Saleh, M., Angor, M., & Lee, Y. (2024). Cookie dough functional properties of partially replaced all-purpose wheat flour with powdered fruit skins and the hedonic perception of the resulting cookies. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, *8*(September), 1–11. https://doi.org/10.3389/fsufs.2024.1445206

Badui, S. (2006). Salvador Badui Dergal. In *Química de los alimentos*.

Barrios, F. A. (2019). Analisis De Actividad De Agua En Alimentos. *Universidad Tecnica Federico Santa Maria*. https://repositorio.usm.cl/handle/11673/49339

Belorio, M., Sahagún, M., & Gómez, M. (2019). Influence of flour particle size distribution on the quality of maize gluten-free cookies. *Foods*, *8*(2). https://doi.org/10.3390/foods8020083

Blanco, A., Bressani, R., & Quesada, Z. (2009). *Macronutrientes y Fibra Dietetica*. 41.

Bustillos Banda, K. A. (2022). Caracterización fisicoquímica y reológica de la harina de trigo (*Triticum aestivum*) obtenida de los pasajes del proceso de molienda en Molinos e Industrias Quito Cía. Ltda. *Braz Dent J.*, *33*(1), 1–12.

Cabascango Molina, O. (2018). MANUAL DE DESHIDRATACIÓN: Fruta deshidratada, el mejor snack para una mejor alimentación. *Universidad Técnica Del Norte*, 1–28. https://www.ppd-

ecuador.org/wp-content/uploads/2019/FondoBecas/SierraNorte/UTN-Omar-Uso-Deshidratador-solar-vf.pdf

Cabezas-Zabala, C. C. (2021). *Caracterización de masas elaboradas con inulina y harinas de amaranto y trigo para el desarrollo de galletas tipo cracker*. 1–177. https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/80162

Cabezas-Zabala, C. C., Hernández-Torres, B. C., & Vargas-Zárate, M. (2016). Sugars added in food: Health effects and global regulation. *Revista Facultad de Medicina*, *64*(2), 319–329. https://doi.org/10.15446/revfacmed.v64n2.52143

Cabezas-Zábala, C. C., Hernández-Torres, B. C., & Vargas-Zárate, M. (2016). Fat and oils: Effects on health and global regulation. *Revista Facultad de Medicina*, *64*(4), 761–768. https://doi.org/10.15446/revfacmed.v64n4.53684

Cadena, J. (2013). *Escuela Politécnica Nacional Facultad De Ingeniería Química Y Agroindustria Diseño Del Proceso De Extrusión Para La Elaboración De Un Suplemento Nutricional Con Base En La Mezcla Amaranto, Quinua, Chocho Y Avena Proyecto Previo a La Obtención Del Título D*.

Caracterización tecnofuncional de harinas de trigo y X Triticosecale wittmack. (2023). *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, *4*(1), 3756–3767. https://doi.org/10.56712/latam.v4i1.524

Castañeda, G., & Condori, E. (2010). *Catálogo y estudio farmacognóstico de plantas medicinales del distrito de Llacanora.* https://hdl.handle.net/20.500.12672/1620

Castillo Salazar, M. S. (2024). Modelado de la cinética de secado e isoterma de adsorción de la Lenteja de agua *(Lemna minor) Informe*. 1–23. https://elibro-net.uta.lookproxy.com/es/ereader/uta/129677?page=1.

Chancusig-pila, S. A., Villacrés-Poveda, C. E., & Morales-Padilla, M. M. (2024). Evaluación de propiedades reológicas y contenido de gluten en variedades de trigo *(Triticum aestivum L .)* cosechadas en Quito , *Ecuador Evaluation of rheological properties and gluten content in wheat (Triticum aestivum L .) varieties harvested in Quito*. *11*(1), 1–12.

Chaparro, S. P., Tavera, M. L., Martínez, J. J., & Gil, J. H. (2014). Propiedades funcionales de la harina y de los aislados proteicos de la semilla de guanábana (*Annona muricata*) FUNCTIONAL PROPERTIES OF FLOUR AND PROTEIN ISOLATES FROM Annona muricata SEEDS. *& Div. Cient*, *17*(1), 151–159.

Charrondiere, U. R., Haytowitz, D., & Stadlmayr, B. (2012). Density Databases. *Food and Agricultural Organization*, 1–24. https://www.fao.org/3/ap815e/ap815e.pdf

Chopin Technologies. (2012). Mixolab applications handbook. *Chopin Technology*, *May*, 1–161.

Chopin Technologies. (2018). *Impacto de la harina de grillo sobre las características de los trigos*.

Chuqui-Diestra, S. R., & Paucar-Menacho, L. M. (2021). Caracterización fisicoquímica, funcional y reológica de harina de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis SIMS*). *Tayacaja*, *4*(2), 103–110. https://doi.org/10.46908/tayacaja.v4i2.177

Cordero, S., Abello, L., & Gálvez, F. (2017). *Plantas silvestres comestibles y medicinales de Chile y otras partes del mundo*.

Correa, B. (2017). Sustitución parcial de harina de trigo por harina de quinua *(Chenopodium quinoa willd) para la elaboración de pan de molde*. 42. http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/11159/1/CORREA ESTUPIÑAN BEATRIZ MADELAINE.pdf

Cruañes, L. L. (2013). *Reformulacion de galletas de masa corta: cambios en reología, textura y propiedades sensoriales (Tesis doctoral)*.

Cuevas-Velázquez, L. (2011). Las proteinas y su funcion. *Tip Revista Especializada En Ciencias Químico-Biológicas*, *14*(2), 97–105. http://www.redalyc.org/pdf/432/43222282004.pdf

Czaja, T., Sobota, A., & Szostak, R. (2020). Quantification of ash and moisture in wheat flour by Raman spectroscopy. *Foods*, *9*(3). https://doi.org/10.3390/foods9030280

de la Torre, L., Navarrete, H., Muriel, P., Macía, M., & Balslev, H. (2008). Enciclopedia de las Plantas Útiles del Ecuador. In *Enciclopedia de la splantas útiles del Ecuador*.

Departamento de Botánica, I. de B. (IBUNAM). (2019). Margyricarpus pinnatus (Lam.) Kuntze. *Portal de Datos Abiertos UNAM (En Línea)*. http://datosabiertos.unam.mx/IBUNAM:MEXU:924274

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

Escobar, J. A., Asanza Novillo, G. M., Herrera, B., & Gonzalez Rivera, J. E. (2016). Caracterización físico-química de harinas de especies vegetales para la agroindustria ecuatoriana. *Revista Amazónica. Ciencia y Tecnología*, *5*(2), 159–168. https://doi.org/10.59410/racyt-v05n02ep05-0141

Espinosa-Moreno, J., Centurión-Hidalgo, D., Mayo-Mosqueda, A., García-Correa, C., Martínez-Morales, A., García-Alamilla, P., & Lagunes-Gálvez, L. M. (2018). Calidad de harina de tres cultivares de banano (Musa Spp.) resistentes a la enfermedad Sigatoka negra en Tabasco. *Agrociencia*, *52*(2), 217–229.

Fay Vásquez, F. M., & Zumbado Fernández, H. (2019). Análisis proximal en alimentos. Fundamentos teóricos y técnicas experimentales. In *Researchgate*. https://www.researchgate.net/profile/Hector-Zumbado-Fernandez/publication/368653469_Analisis_proximal_en_alimentos_Fundamentos_teoricos_y_tecnicas_experimentales/links/63f310cf19130a1a4a92ba7a/Analisis-proximal-en-alimentos-Fundamentos-teoricos-y-tecnicas

Fernández Salvador, N., Harasym, J., Ronda, F., & Caballero, P. A. (2017). *Propiedades Funcionales Y Químicas De Harinas De Distintas Variedades De Trigo Sarraceno Y Tef*. 14–15.

Fito Maupoey, P., Grau, A. M. A., Sorolla Albors, A. M. A., & Barat Baviera, J. M. (2020). Introducción al secado de alimentos por aire caliente. *Univerisidad Politécnica de Valencia*, 211. https://gdocu.upv.es/alfresco/service/api/node/content/workspace/SpacesStore/e8b523c5-4970-4ae6-b2a3-86f576e81359/TOC_4092_02_01.pdf?guest=true

Flores M., & Tello, S. (2018). *RENDIMIENTO Y CARACTERIZACIÓN, QUÍMICA, MINERAL, Y SENSORIAL, DE TRES TIPOS DE HARINA DE HABAS (Vicia faba) PARA LA ELABORACIÓN DE UN EMBUTIDO FERMENTADO*. 1–13. https://www.eumed.net/rev/caribe/2018/07/elaboracion-embutido-fermentado.html

García-Roja, A., Quijano, C., Morales, G., & Pino, J. (2009). Composition of the essential oil from leaves and fruits of *margyricarpus pinnatus* (lam.) o. kuntze grown in colombia. *Journal of Essential Oil Research*, 21(6), 547–549. https://doi.org/10.1080/10412905.2009.9700240

García, O., Aiello, C., Peña, M. C., Ruíz, J. L., & Acevedo, I. D. C. (2012). Caracterización físico quimicas y propiedades funcionales de la harina obtenida de granos de quinchoncho (*Cajanus cajan (L.) Millsp.*) sometidos a diferentes procesamientos. *Revista Cientifica UDO Agrícola*, *12*(4), 919–928.

González, M. J., Álvarez Ramírez, J. E., Vernon-Carter, J., Reyes, I., & Alvarez-Poblano, L. (2020). Efecto de la temperatura de secado sobre el color, la actividad antioxidante y la digestibilidad in vitro de la harina de guisante verde (Pisum sativum L.). *Starch - Stärke*, 72(9–10). https://doi.org/10.1002/star.201900228

Gremasqui, I. de los A., Giménez, M. A., Lobo, M. O., & Sammán, N. C. (2021). *Propiedades químicas y*

físicas de harinas proteicas obtenidas por hidrólisisenzimática. 229, 1–8.

Guerra Baños, E. C., Baños Dorantes, M. I., Luna-Jiménez, A. L., González-Cortés, N., & Jiménez-Vera, R. (2020). Caracterización de Harina de Naranja (*Citrus x sinensis*) para Uso Alimentario. *European Scientific Journal ESJ*, *16*(6), 12–28. https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n6p12

Guiñazú, C. (2020). *Harinas Sin Gluten De Origen Vegetal Para El Desarrollo De Productos Alimentarios. Aplicaciones, Propiedades Nutricionales Y Características Funcionales*. 1–20. https://riunet.upv.es/handle/10251/157885

Henríquez C., & Burgos C. (2023). Consumo de Fibra y Salud. *InduAlimentos*, *N° 139*, 12–15. https://www.dinta.cl/wp-content/uploads/2023/03/FIBRA.pdf

Hernández Pérez, P. J., Reyo Herrera, A., & Córdova Aguilar, M. S. (2023). Desarrollo de un producto de panificación con harinas de leguminosas y cereales complementado con trüb. *Investigación y Desarrollo En Ciencia y Tecnología de Alimentos*, *8*(1), 686–696. https://doi.org/10.29105/idcyta.v8i1.90

Herrero, M. (2022). *UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA Instituto Universitario de Ingeniería de Alimentos para el Desarrollo Propiedades físicas, funcionales y químicas de harina obtenida a partir de semillas de amaranto*.

Hincapié Llanos, C., Adolfo, G., Yañez, O., Marcela, M., Llanos, H., Augusto, C., Gómez, A., Acosta, V., & María, L. (2010). Revista Lasallista de Investigación. *Revista Lasallista de Investigación*, *7*(2), 85–93. http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=69519014010

INEM 517:2012. (2012). Inem 517. *2012*, 1–6. http://slidepdf.com/reader/full/nte-inen-517-2012tamano-de-partifula-hrina

Iturbe, F., & Sandoval, J. (2019). Análisis de Alimentos Fundamentos y Técnicas. *Sustainability (Switzerland)*, *11*(1), 1–14. http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484_SISTEM_PEMBETUNGAN_TERPUSAT_STRATEGI_MELESTARI

Kamboj, R., & Singh Sandhu, R. (2024). Drying kinetics analyzer. *Futuristic Trends in Agriculture Engineering & Food Sciences*, *3*(May), 1–5.

Kinetic Models for Drying Techniques—Food Materials. (2018). *Advances in Chemical Engineering and*

Science, *08*(02), 27–48. https://doi.org/10.4236/aces.2018.82003

LabFerrer. (2016). *Fundamentos de actividad de agua-Aqualab*. 1–10. http://blog.actividaddeagua.com/wp-content/uploads/2014/05/Fundamentos-de-actividad-de-agua.pdf

Lavado Soto, M. A., & Yenque Dedios, Julio Antolín Robles Calderón, R. (2024). Estudio de rendimiento de harina de lúcuma a partir del fruto fresco. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, *8*(4), 6350–6356. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.12833

Mammadov, T., Abbasova, Z., & Hasanova, M. (2018). Distribution and Taxonomic Composition of Rosacea Family Genus and Species in Azerbaijan Dendroflora in Natural and Cultural Conditions. *International Journal of Agriculture Innovations and Research*, *7*(2), 2319–1473.

Martínez, G. C. (2016). *" E S T U D I O S F I S I C O Q U Í M I C O S Y F a R M a C O B O T Á N I C O S E N a L G U N a S E S P E C I E S D E a S T E R Á C E a S Y R O S Á C E a S M E D I C I N a L E S N a T I V a S ."*

Martínez, G. C., Pellerano, R. G., Del Vitto, L. A., Matilde Mazza, S., & Marchevsky, E. J. (2015). Concentraciones de elementos minerales en partes aéreas e infusiones de *Margyricarpus pinnatus* (Lam.) Kuntze (Perlilla). *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, *20*(3), 253–264.

Marynin, A., Pasichny, V., Litvynchuk, S., Khomichak, L., Kuznietsova, I., & Vysotska, S. (2021). Influence of water activity on the properties of wheat flour. *Ukrainian Food Journal*, *10*(2), 375–386. https://doi.org/10.24263/2304-974X-2021-10-2-13

McCleary, B. V., & McLoughlin, C. (2021). Measurement of Available Carbohydrates in Cereal and Cereal Products, Dairy Products, Vegetables, Fruit, and Related Food Products and Animal Feeds: First Action 2020.07. *Journal of AOAC International*, *104*(6), 1465–1478. https://doi.org/10.1093/jaoacint/qsab019

Megazyme. (2017). Total Dietary Fiber Assay Procedure. *Megazyme*, *17*, 1–19.

Mendoza, S., Mercado, B., José, L., Vanegas, B., Fernández, Q., Vertel, M., & Melba, L. (2014). Drying kinetics of cassava (*Manihot esculenta Crantz*) variety CORPOICA M-tai depending on the temperature and air velocity. *Ion*, *27*(2), 29–42.

Meneses Chaves, A. F., & Velasco Hernández, J. D. (2017). Evaluación de las propiedades funcionales de harina de chontaduro (*Bactris gasipaes)* mediante secado por convección. *Jurnal Akuntansi*, *11*, 1–87.

Mesfin, N., Belay, A., & Amare, E. (2021). Effect of germination, roasting, and variety on physicochemical, techno-functional, and antioxidant properties of chickpea (*Cicer arietinum L.*) protein isolate powder. *Heliyon*, *7*(9), 1–8. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08081

Montoya, J., Antonio, G., & Giraldo, G. (2010). *C*aracterización físico-química de harina de trigo , masa y pan physical-chemical characterization of wheat flour , dough and bread. *20*, 29–35.

Montoya Ramos, D. K. (2023). *“* Evaluación de compuestos antinutricios , propiedades tecno-funcionales y digestión in vitro de harinas de leguminosas extrudidas ” *Tesis de Maestría Que*.

Muller, J. (2017). Dumas o Kjeldahl para el análisis de referencia. *Analytics beyond Measure*, 8–10.

Norma Técnica Ecuatoriana. (1980). *NTE INEN 0523: Harinas de origen vegetal. Determinación de la grasa*. *0523*.

Novara, J. . (2012). Aportes botanicos de Salta. *Herbario Mcns*, *2*, 1–53. http://www2.darwin.edu.ar/Proyectos/FloraArgentina/FA.asp

NTE INEN. (2013). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169 : 2013 Primera revisión. *Inen*, *First Edit*, 15. https://gestionambiental.pastaza.gob.ec/biblioteca/legislacion-ambiental/patrimonio_natural/nte_inen_2176_1_agua_calidad_agua_muestreo_tecnicas_muestreo.pdf

NTE INEN 2085. (2005). *GALLETAS. REQUISITOS*. 0–6.

NTE INEN 520. (2013). HARINAS DE ORIGEN VEGETAL. DETERMINACIÓN DE LA CENIZA. *Power*, *1*(3). http://dx.doi.org/10.1016/S0149-2918(08)00405-0

NTE INEN 526. (2012). *NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 526 : 2012 DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE IÓN HIDRÓGENO o pH* .

NTE INEN 616. (2015). HARINA DE TRIGO. REQUISITOS. *Inen*, *Harina de Trigo. Requisitos*, 8. https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/NTE_INEN_839.pdf

Oleas, N. H., Ríos Touma, B., Peña Altamirano, P., & Bustamante, M. (2016). *Guía práctica de identificación de ribera*.

Ore, F., Aguirre, L. L., & Ticsihua, J. (2020). Alfa revista de investigación en ciencias agronómicas y veterinarias. *Alfa Revista de Investigación En Ciencias Agronómicas y Veterinaria*, *4*(12), 200–210. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2664-09022020000300003&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Pacheco Narvaéz, L. J. (2022). Evaluación del potencial antioxidante del extracto de *Margyricarpus pinnatus* (Lam.) Kuntze microencapsulado mediante secado por aspersión y su uso en la formulación de una bebida instantánea. In האדץ (Issue 8.5.2017).

Parikh, P. D. M. (2014). *Solids Drying: Basics and Applications. ResearchGate.* https://www.researchgate.net/publication/283088778

Pascual-Chagman, G. J., & Encina-Zelada, C. R. (2022). Characterization of wheat flour (*Triticum aestivum*), and orange (*Citrus x aurantium*) and apple (*Malus domestica*) residue for its application in food. *Agroindustrial Science*, *12*(3), 279–286. https://doi.org/10.17268/agroind.sci.2022.03.06

Picon Pineda, J. (2014). Estudio de la influencia del tipo de harina en el desarrollo de galletas sin gluten. *Sibi Domwm +Sapientina Aedificatit*, 30. https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/6603/TFM-L173.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Pineda Castro, M. L., Chacón Villalobos, A., & Cordero Gamboa, G. (2008). Efecto de las condiciones de secado sobre la cinética de deshidratación de las hojas de morera (Morus alba). *Agronomía Mesoamericana*, *20*(2), 275. https://doi.org/10.15517/am.v20i2.4944

Pino, M. T. (2019). El futuro de las harinas no convencionales. *Énfasis Alimentación*, 38.

Quimis, O., Reyna, K., Lainez, S., & Flores, L. (2020). Acceptability of biscuits with different concentrations of flowers from quinoa, banana and oat and different levels of sweeteners Información del artículo. *Revista Espam Ciencia Para El Agro*, *11*(1), 47–54. https://doi.org/10.51

Ramírez, A., & Pacheco, E. (2009). Dietética Obtenidas De Piña, Guayaba Y Guanábana. *Interciencia*, *34*, 293–298. http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33911575012

Rodríguez-Sandoval, E., Fernández Quintero, A., & Ayala-Aponte, A. (2005). Reología y textura de masas: aplicaciones en trigo y maíz Rheology and texture of doughs: applications on wheat and corn. *Revista Ingeniería E Investigación*, *57*, 72–78.

Romoleroux, K. (2023). *Especies útiles de la familia Rosaceae en el Ecuador.*

Sagastibelza Forcada, B. B. (2018). *S*ecado asistido por microondas aplicado en frutas: comparativa frente al secado convencional por aire caliente *presentado*. 1–26.

Salinas-Moreno, Y., & Aguilar-Modesto, L. (2010). Norma Del Codex Para La Harina De Trigo. *Ingeniería Agrícola y Biosistemas*, *2*(1), 5–11. file:///C:/Users/user/Downloads/CXS_152s.pdf

Sandoval V, A. M., Vera Q, L., Fulle C, R., INIA Carillanca, Vergara H, C., Farías, M. J., & INIA La

Platina. (2024). *Potencial de harinas no convencionales (HNCs) con alto aporte en proteínas , a partir de leguminosas producidas en el sur de Chile Harinas no convencionales y potenciales materias primas Caracterización fisicoquímica de HNCs Elaboración de harinas a esc*.

Silva, G., Algecira, N., & Gutiérrez, L. (2020). Evaluación de la harina de chachafruto como ingrediente para la elaboración de un producto libre de gluten. *Actualización En Nutrición*, *21*(2250–7183), 103–110.

Silva Paz, R. J., Silva Paz, R. J., Mateo Mendoza, D. K., Eccoña Sota, A., & Della Rocca, P. A. (2022). Secado de hojas de muña (minthostachys mollis): Modelado, cinética y propiedades termodinámicas. *Enfoque UTE*, 60–74. https://doi.org/10.29019/enfoqueute.827

Techeira, N., Sívoli, L., Perdomo, B., Ramírez, A., & Sosa, F. (2014). Caracterización físicoquímica , funcional y nutricional de harinas crudas obtenidas a partir de diferentes variedades de yuca (*Manihot esculenta crantz*), batata (*Ipomoea batatas lam*) y ñame (*Dioscorea alata*), cultivadas en Venezuela. *Interciencia*, *39*(3), 191–197.

Toconás, N. M., Villalva, F. J., Sajama, J. N., La Madrid, A. P. O., Ramón, A. N., Alcocer, J. C., De Oliveira, E. G., & Armada, M. (2023). Banana flour: manufacturing, physico-chemical, technological, and functional characterization. *Revista Espanola de Nutricion Humana y Dietetica*, *27*(1), 7–16. https://doi.org/10.14306/renhyd.27.1.1732

Torres Oblitas, K., Sancho, A., & Gozzi, M. S. (2018). Vista de Caracterización físico-química de harina obtenida a partir de cáscaras de banana (*Musa paradisiaca*) y su aceptabilidad en budines sin gluten. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, *28*(2), 22–29. https://revcitecal.iiia.edu.cu/revista/index.php/RCTA/article/view/59/49

Trejo-Díaz, G. N., Morales-Sánchez, E., & Martínez-Maldonado, M. Á. (2023). Efecto de la adición de harinas no convencionales y reducción del contenido de sodio en productos reestructurados de macabil (*Albula vulpes*). *CienciaUAT*, *18*(2), 122–135. https://doi.org/10.29059/cienciauat.v18i2.1799

Uechi, J. (2006). The packaging of green coffee and retentión of quality. *Cenicafé*.

Umaña-calderón, M., Muñoz-mena, J., Pacheco-retana, Y., Vargas-elías, G., Agrícola, I., Costa, U. De, San, R., & Correo, C. R. (2019). Modelling of thin layer radiation drying of coconut Cinética del secado de coco por radiación. *Tecnología En Marcha*, *32*, 115–121.

UnADM. (2020). *Operaciones unitarias II Secado U2*. 50. https://dmd.unadmexico.mx/contenidos/DCSBA/BLOQUE1/BI/06/BOU2/unidad_02/descargables/

BOU2_U2_Contenido.pdf

Vázquez Chávez, L., & Vizcarra Mendoza, M. (2008). Fluidized Bed Drying of Wheat and Its Quality. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, *7*(2), 131–137.

Vegas, R., Zavaleta, A., & Vegas, C. (2017). Efecto del pH y cloruro de sodio sobre las propiedades funcionales de harina de semillas de lupinus mutabilis "tarwi" variedad criolla. *Agroindustrial Science*, *7*(1), 49–55. https://doi.org/10.17268/agroind.science.2017.01.05

Vera, G. (2016). *Determinación de azúcares totales. Hidratos de carbono disponibles y factores de cálculo de energía en alimentos.* 31.

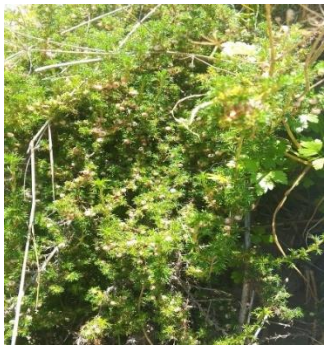
Villar, N., Esparza, M., & Sorolla, A. (2021). *Propiedades físicas, funcionales y químicas de harina obtenida a partir de semillas de quinua*. 1–21. https://riunet.upv.es/handle/10251/175400

Wang, Z., Ma, S., Sun, B., Wang, F., Huang, J., Wang, X., & Bao, Q. (2021). Effects of thermal properties and behavior of wheat starch and gluten on their interaction: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, *177*, 474–484. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.02.175

Zuleta, Á., Binaghi, M. J., Greco, C. B., Aguirre, C., De la Casa, L., Tadini, C., & de Ferrer, P. A. R. (2012). Diseño de panes funcionales a base de harinas no tradicionales. *Revista Chilena de Nutricion*, *39*(3), 58–64. https://doi.org/10.4067/S0717-75182012000300009

ANEXOS

Anexo 1. Elaboración de harina de los frutos de *Margyricarpus pinnatus* a 50, 55 y 60 °C

Recolección de los frutos de *Margyricarpus pinnatus*



Selección



Pesado



Secado

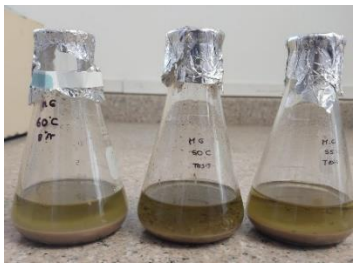


Harina obtenida de los frutos de *Margyricarpus pinnatus*

Anexo 2. Análisis realizados a la harina de los frutos de *Margyricarpus pinnatus*



Análisis de Ceniza



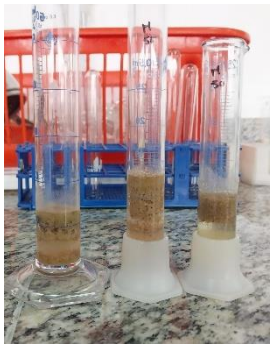
Análisis de acidez titulable



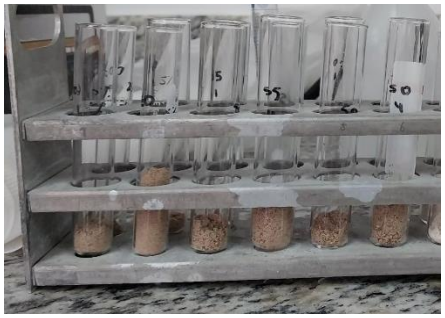
Análisis de Grasa



Capacidad emulsificante



Capacidad de hinchamiento



Capacidad de gelificación

Anexo 3. Certificado análisis de proteína, grasa y fibra dietética total (LACONAL)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA
LABORATORIO DE CONTROL Y ANÁLISIS DE ALIMENTOS

LACONAL

01480

CERTIFICADO DE ANALISIS DE LABORATORIO

Certificado No: 24-149				R01-7.8 03
Solicitud Nº: 24-149				Pág.:1 de 1
Fecha recepción:	21 de Octubre de 2024	Fecha de ejecución de ensayos: 24 de octubre de 2024		
Información del cliente:				
Empresa:		C.I./RUC:	0550151625	
Representante:	Lisbeth Guamani	Tlf:	0998569687	
Dirección:	Salcedo	Email:	lguamani1625@uta.edu.ec	
Ciudad:	Salcedo			
Descripción de las muestras:				
Producto:	Harina de Frutos de Margyricarpus pinnatus (Lam.) Kuntze	Peso	12g	
Marca comercial:	n/a	Tipo de envase:	funda plástica	
Lote:	n/a	No de muestras:	tres	
F. Elb.:	n/a	F. Exp.:	n/a	
Conservación: Ambiente: X Refrigeración: Congelación:		Almac. en Lab:	30 días	
Cierres seguridad: Ninguno: X Intactos: Rotos:		Muestreo por el cliente:	21 de octubre de 2024	

RESULTADOS OBTENIDOS

Muestras	Código del laboratorio	Código cliente	Ensayos solicitados/Técnica	Métodos utilizados	Unidades	Resultados
Harina de Frutos de Margyricarpus pinnatus (Lam.) Kuntze	**14924351**	**50°C**	Proteína total, Dumas	Dumas AOAC Ed. 22, 2023 990,03	**% (Nx6,25)**	**9,307**
Harina de Frutos de Margyricarpus pinnatus (Lam.) Kuntze	**14924352**	**55°C**	Proteína total, Dumas	Dumas AOAC Ed. 22, 2023 990,03	**% (Nx6,25)**	**8,666**
Harina de Frutos de Margyricarpus pinnatus (Lam.) Kuntze	**14924353**	**60°C**	Proteína total, Dumas	Dumas AOAC Ed. 22, 2023 990,03	**% (Nx6,25)**	**9,549**

Conds. Ambientales: 21.5°C; 49,1%HR
Nota: se adjuntan 3 hojas de respaldo

Ing. Gladys Risueño
Directora de Calidad

Autorización para transferencia electrónica de resultados: Si

Fecha de emisión del certificado: 28 de Octubre de 2024

Nota: La muestra fue suministrada por el cliente y los resultados se aplican a la muestra en las condiciones recibidas. El Laboratorio se responsabiliza exclusivamente de los resultados emitidos en base a la muestra entregada por el cliente.

El Laboratorio no es responsable por el uso incorrecto de este certificado. No es un documento negociable. Sólo se permite su reproducción sin fines de lucro y haciendo referencia a la fuente.

"La información que se está enviando es confidencial, exclusivamente para su destinatario, y no puede ser vinculante. Si usted no es el destinatario de esta información recomendamos eliminarla inmediatamente. La distribución o copia del mismo está prohibida y será sancionada según el proceso legal pertinente".

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA
LABORATORIO DE CONTROL Y ANÁLISIS DE ALIMENTOS

LACONAL

01501

CERTIFICADO DE ANALISIS DE LABORATORIO

Certificado No: 24-164			R01-7.8 03
Solicitud N°: 24-164			Pág.:1 de 1
Fecha recepción:	05 de Noviembre de 2024	Fecha de ejecución de ensayos: 06 al 14 de noviembre de 2024	
Información del cliente:			
Empresa:		C.I./RUC:	0550151625
Representante:	Lisbeth Guamani	Tlf:	0998569687
Dirección:	Salcedo	Email:	lguamani1625@uta.edu.ec
Ciudad:	Salcedo		
Descripción de las muestras:			
Producto:	HARINA DE LOS FRUTOS DE MARGYRICARPUS PINNATUS/ Lam.) Kuntze	Peso:	17 g
Marca comercial:	n/a	Tipo de envase:	funda plástica
Lote:	n/a	No de muestras:	una
F. Elb.:	n/a	F. Exp.:	n/a
Conservación: Ambiente: X Refrigeración: Congelación:		Almac. en Lab:	15 días
Cierres seguridad: Ninguno: X Intactos: Rotos:		Muestreo por el cliente:	11 de octubre de 2024

RESULTADOS OBTENIDOS

Muestras	Código del laboratorio	Código cliente	Ensayos solicitados/Técnica	Métodos utilizados	Unidades	Resultados
HARINA DE LOS FRUTOS DE MARGYRICARPUS PINNATUS /Lam.) Kuntze	**16424378**	**Ninguno**	Grasa, Gravimetría	AOAC Ed. 22, 2023 2003.06	%	**7,18**
			Fibra dietética total, Gravimétrico-Enzimática	AOAC 985.29. Ed. 22, 2023	%	**44,4**

Conds. Ambientales: 21.0°C; 53.0%HR

DIRECTOR DE CALIDAD

Ing. Gladys Risueño
Directora de Calidad

Autorización para transferencia electrónica de resultados: Si

Fecha de emisión del certificado: 15 de Noviembre de 2024

Nota: La muestra fue suministrada por el cliente y los resultados se aplican a la muestra en las condiciones recibidas. El Laboratorio se responsabiliza exclusivamente de los resultados emitidos en base a la muestra entregada por el cliente.

El Laboratorio no es responsable por el uso incorrecto de este certificado. No es un documento negociable. Sólo se permite su reproducción sin fines de lucro y haciendo referencia a la fuente.

"La información que se está enviando es confidencial, exclusivamente para su destinatario, y no puede ser vinculante. Si usted no es el destinatario de esta información recomendamos eliminarla inmediatamente. La distribución o copia del mismo está prohibida y será sancionada según el proceso legal pertinente".

Anexo 4. Análisis reológico (MIXOLAB)

Fecha : 04/12/2024 **Hora :** 10:57

Muestra :

Hidratación: 56,6 % base 14% (b14)

Contenido de 11,7 %

Indice: 3-53-153

Metódica : Chopin+

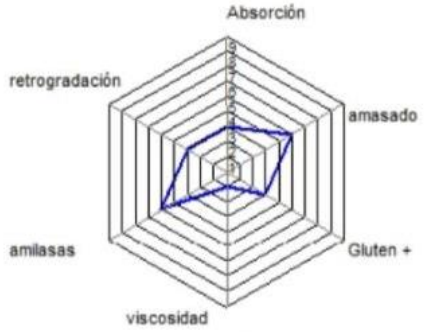
Peso de la masa 75,0 g

Temperatura del depósito 30,0 °C

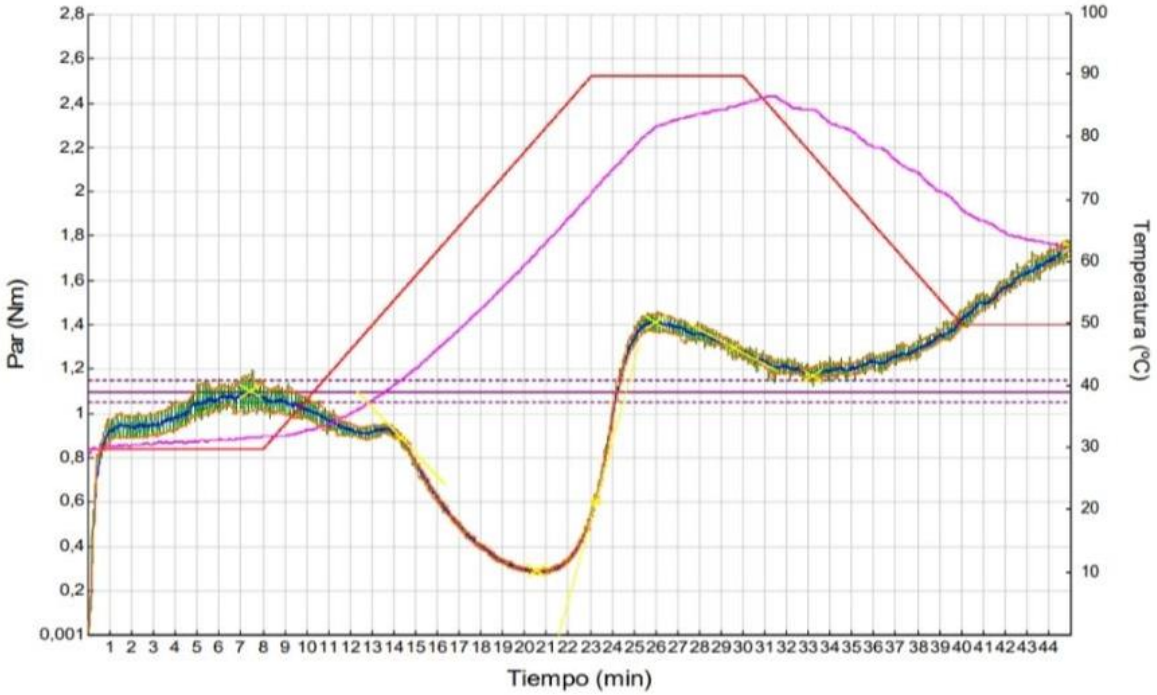
Velocidad de amasado : 80 rpm

α :	-0,104	Nm/min
β :	0,356	Nm/min
γ :	-0,052	Nm/min

	Tiempo (min)	Par (Nm)	Temp. Masa (°C)	Amplitud (Nm)	Estabilidad (min)
C1	7,42	1,10	31,8	0,16	10,37
C2	20,52	0,29	61,5		
C3	25,98	1,41	81,8		
C4	33,18	1,17	84,6		
C5	45,03	1,75	62,1		



Perfil objetivo



Anexo 5. Análisis de varianza y método Tukey a 50, 55 y 60°C para determinar diferencias significativas

- **Perdida de humedad vs temperatura**

ANOVA: perdida de humedad vs 50, 55 y 60 °C.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p

TEMPERATURA	2	33,30	16,65	0,37	0,695
Error	60	2733,97	45,57		
Total	62	2767,27			

- **Actividad de Agua (Aw)**

ANOVA: Aw vs temperatura

Fuente	**GL**	**SC Ajust.**	**MC Ajust.**	**Valor F**	**Valor p**
TEMPERATURA	2	0,121362	0, 060681	567,83	0,000
Error	6	0,000641	0,000107		
Total	8	0,122004			

Método Tukey en Aw.

TEMPERATURA	**N**	**Media**	**Agrupación**		
50 °C	3	0,46110	A		
55 °C	3	0,37363		B	
60 °C	3	0,18297			C

Nota: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

- **pH**

ANOVA: pH vs temperatura

Fuente	**GL**	**SC Ajust.**	**MC Ajust.**	**Valor F**	**Valor p**
TEMPERATURA	2	0,029867	0,014933	58,43	0,000
Error	6	0,001533	0,000256		
Total	8	0,031400			

Método Tukey de pH

TEMPERATURA	**N**	**Media**	**Agrupación**	
60 °C	3	6,4333	A	
55 °C	3	6,32667		B

50 °C	3	6,30000	B

Nota: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

- **Acidez titulable**

ANOVA: acidez titulable vs temperatura

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TEMPERATURA	2	0,001089	0,000544	16,33	0,004
Error	6	0,0002	0,000033		
Total	8	0,001289			

Método Tukey de acidez titulable

TEMPERATURA	N	Media	Agrupación
55 °C	3	0,56333	A
50 °C	3	0,55333	A
60 °C	3	0,53667	B

Nota: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

.

- **Densidad aparente**

ANOVA: densidad vs temperatura

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TEMPERATURA	2	0,0026	0,0013	3,55	0,096
Error	6	0,0022	0,000367		
Total	8	0,0048			

Método Tukey en densidad aparente

TEMPERATURA	N	Media	Agrupación
60 °C	3	0,41667	A
55 °C	3	0,3867	A
50 °C	3	0,37667	A

Nota: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

- **Capacidad de absorción de agua (CAA)**

ANOVA: CCA vs temperatura

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TEMPERATURA	2	0,001089	0,000544	0,67	0,546
Error	6	0,004867	0,000811		
Total	8	0,005956			

Método Tukey en CAA

TEMPERATURA	N	Media	Agrupación
60 °C	3	0,77	A
55 °C	3	0,76	A
50 °C	3	0,7433	A

Nota: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

- **Capacidad de absorción de aceite (CAG)**

ANOVA: CAG vs temperatura

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TEMPERATURA	2	2,44447	1,22223	1617,66	0
Error	6	0,00453	0,00076		
Total	8	2,449			

Método Tukey en CAG

TEMPERATURA	N	Media	Agrupación		
60 °C	3	8,4367	A		
55 °C	3	7,4533		B	
50 °C	3	7,24			C

Nota: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

- **Capacidad emulsificante (%)**

ANOVA: capacidad emulsificante vs temperatura

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TEMPERATURA	2	38	19	27,94	0,001

Error	6	4,08	0,68
Total	8	42,08	

Método Tukey en capacidad emulsificante

TEMPERATURA	N	Media	Agrupación	
60 °C	3	15	A	
55 °C	3	12		B
50 °C	3	10		B

Nota: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

- **Capacidad de gelificación**

ANOVA: capacidad de gelificación vs temperatura

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TEMPERATURA	2	454,222	227,111	511	0
Error	6	2,667	0,444		
Total	8	456,889			

Método Tukey en capacidad gelificante

TEMPERATURA	N	Media	Agrupación		
55 °C	3	20	A		
50 °C	3	10		B	
60 °C	3	2,667			C

Nota: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

- **Capacidad hinchamiento (CH)**

ANOVA: CH vs temperatura

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TEMPERATURA	2	1,416	0,7078	0,76	0,506
Error	6	5,56	0,9267		
Total	8	6,976			

Método Tukey en CH

TEMPERATURA	N	Media	Agrupación
60 °C	3	3,633	A
55 °C	3	2,867	A
50 °C	3	2,733	A

Nota: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

- **Índice de solubilidad de agua (ISA)**

ANOVA: ISA vs temperatura

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TEMPERATURA	2	0,18	0,99	0,93	0,444
Error	6	0,58	0,09667		
Total	8	0,76			

Método Tukey en ISA

TEMPERATURA	N	Media	Agrupación
60 °C	3	2,7	A
55 °C	3	2,4	A
50 °C	3	2,4	A

Nota: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

- **Humedad**

ANOVA: humedad vs temperatura

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TEMPERATURA	2	30,4306	15,2153	65208	0
Error	6	0,0014	0,0002		
Total	8	30,432			

Método Tukey en humedad

TEMPERATURA	N	Media	Agrupación
50 °C	3	11,4767	A
55 °C	3	10,6433	B

60 °C	3	7,2267	C

Nota: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

- **Proteína**

ANOVA: proteína vs temperatura

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TEMPERATURA	2	1,2416	0,6208	*	*
Error	6	0	0		
Total	8	1,2416			

Método Tukey en proteína

TEMPERATURA	N	Media	Agrupación		
60 °C	3	9,55	A		
50 °C	3	9,31		B	
55 °C	3	8,67			C

Nota: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

- **Ceniza**

ANOVA: ceniza vs temperatura

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TEMPERATURA	2	1,2416	0,6208	*	*
Error	6	0	0		
Total	8	1,2416			

Método Tukey en ceniza

TEMPERATURA	N	Media	Agrupación
60 °C	3	5,75	A
50 °C	3	5,74667	A
55 °C	3	5,72333	A

Nota: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

- **Grasa**

ANOVA: grasa vs temperatura

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TEMPERATURA	2	0,205267	0,102633	124,82	0
Error	6	0,004933	0,000822		
Total	8	0,2102			

Método Tukey en grasa

TEMPERATURA	N	Media	Agrupación		
50 °C	3	7,5367	A		
55 °C	3	7,4433		B	
60 °C	3	7,18			C

Nota: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes