UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA

CARRERA DE ALIMENTOS

Caracterización de las propiedades fisicoquímicas, nutricionales y tecnológicas de la harina de cidrayota (*Sechium edule* (Jacq.) Sw.)

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: Evelyn Mishell Garzón Tituaña

Tutor: Mg. Andrea Verónica Delgado Ramos

Ambato – Ecuador

Agosto - 2024

APROBACIÓN DEL TUTOR

Mg. Andrea Verónica Delgado Ramos

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 de Proyecto de Investigación, el mismo que responde a las normas establecidas en el Reglamento de Títulos y Grados de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

Ambato, 24 de junio de 2024



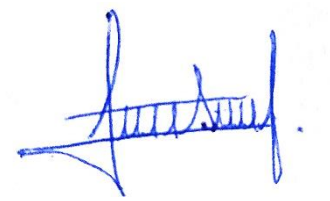
Mg. Andrea Verónica Delgado Ramos

0401305008

TUTORA

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Evelyn Mishell Garzón Tituaña, manifiesto que los resultados obtenidos en el presente Informe Final del 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.



Evelyn Mishell Garzón Tituaña

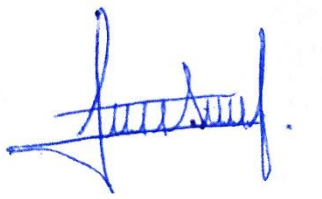
0550665046

AUTORA

DERECHOS DE AUTOR

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

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Informe Final del 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 lo realice respetando mis derechos de autor.



Evelyn Mishell Garzón Tituaña

0550665046

AUTORA

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DEL GRADO

Los suscritos Profesores Calificadores, aprueban el presente Informe Final del 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 consistencia firman:

Firmado electrónicamente por:
MARIO DANIEL GARCIA SOLIS

Presidente del tribunal

Firmado electrónicamente por:
LILIANA PATRICIA ACURIO ARCOS

Mg. Liliana Patricia Acurio Arcos

1804067088

Firmado electrónicamente por:
FREDDY GEOVANNY DEL POZO LEON

Dr. Freddy Geovanny del Pozo León

1802446276

Ambato, 31 julio de 2024

DEDICATORIA

Esta tesis va dedicada principalmente a Dios, quien ha sido mi soporte y ha guiado mis pasos durante toda mi vida, brindándome salud, fuerza y sabiduría

A mis padres Luis y Marcia por nunca dejarme sola, brindarme su amor, comprensión, apoyo incondicional y por siempre confiar mí.

A mis hermanos pequeños Deyvis y Alex por ser mi compañía, luz en la oscuridad y alegrar todos mis días con sus locuras, ocurrencias y amor.

A mi abuelita María por su cariño, apoyo y palabras de aliento en todo momento.

También esta tesis me la quiero dedicar a mí, por el esfuerzo diario, por las malas noches y por todo el empeño y dedicación que puse para cumplir este sueño.

Con mucho amor y cariño

Evelyn Mishell

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios por haberme brindado vida, salud, fortaleza y sabiduría a lo largo de estos años de estudios.

A mis amados padres Luis y Marcia, por ser motivación y los pilares fundamentales en mi vida, quienes con su apoyo moral y económico me ayudaron a cumplir esta meta tan anhelada, tanto para mí como para ellos. Quedaré eternamente agradecida por todo el esfuerzo que hicieron por y para mí.

A mis hermanos Alex y Deyvis, y a mis abuelitos María y Francisco, les agradezco profundamente por ser mi inspiración, estar siempre pendientes de mí y motivarme a cumplir mis sueños.

A la Universidad Técnica de Ambato, especialmente a la Facultad de Ciencia e Ingeniera en Alimentos y Biotecnología, por regalarme unos de los mejores años de mi vida y ayudarme a formarme como profesional.

A mi tutora, la Mg. Andrea Delgado, por su calidez humana, apoyo, paciencia y ser guía durante la realización de este trabajo de titulación. Siempre estaré agradecida por ser una fuente de motivación y por todas las enseñanzas brindadas.

A Alex Mauricio, por su constante ayuda, apoyo, motivación y por ser una persona incondicional que siempre estuvo pendiente de mí.

A mis amigos que la carrera universitaria me regalo, gracias por su apoyo, por compartir momentos llenos de risas, diversiones y experiencias extraordinarias que quedaran guardadas en mi corazón. Un agradecimiento especial a mi amiguito Nixon, el lojano, por brindarme siempre su apoyo y sus palabras de aliento en momentos difíciles. Gracias a todos por el tiempo compartido. Espero que los años y la vida nos reúnan nuevamente en algún momento.

Con mucho amor y cariño

Evelyn Mishell

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN iii
DERECHOS DE AUTOR iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DEL GRADO v
DEDICATORIA vi
AGRADECIMIENTO vii
ÍNDICE DE TABLAS xi
ÍNDICE DE FIGURAS xii
RESUMEN EJECUTIVO xiii
ABSTRACT xiv
CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO 1
1.1 Antecedentes Investigativos 1
1.1.1 Cidrayota (*Sechium edule* (Jacq.) Sw.) 1
1.1.1.1 Taxonomía de la cidrayota 1
1.1.1.2 Morfología de la cidrayota 2
1.1.1.3 Variedades de cidrayota 4
1.1.1.4 Cultivo de la cidrayota 5
1.1.1.5 Zonas de producción de cidrayota en el Ecuador 5
1.1.1.6 Utilización de la cidrayota 5
1.1.1.7 Composición nutricional de la cidrayota 6
1.1.2 Harina 7
1.1.2.1. Elaboración de harina hortofrutícola 7
1.1.2.2 Clasificación de las harinas 9
1.1.2.3 Consumo de harinas en Ecuador 10
1.1.3 Harinas no convencionales 11
1.1.4 Caracterización de harinas 12
1.1.5 Secado de alimentos 12
1.1.6 Efecto de secado en la elaboración de harinas 13
1.1.7 Propiedades fisicoquímicas en harinas 13

1.1.8 Propiedades nutricionales en harinas 13
1.1.9 Propiedades tecnológicas en harinas 14
1.2 Objetivos 15
1.2.4 Objetivo general 15
1.2.5 Objetivos específicos 16
1.3 Hipótesis 16
1.3.1 Hipótesis Nula 16
1.3.2 Hipótesis Alternativa 16
CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA 17
2.1 Materiales 17
2.1.1 Materia Prima 17
2.1.2 Materiales de laboratorio y utensilios 17
2.1.3 Equipos 17
2.1.4 Reactivos 17
2.2 Métodos 18
2.2.1 Elaboración de harina a partir del fruto de cidrayota (*Sechium edule* (Jacq.) Sw.) variando las temperaturas en el método de secado. 18
2.2.1.1. Caracterización del fruto de cidrayota (Sechium edule (Jacq.) Sw.) 18
Peso 18
Acidez titulable 18
Sólidos solubles 18
Índice de madurez 19
2.2.1.2. Diseño experimental 19
2.2.1.3 Elaboración de harina de cidrayota (Sechium edule (Jacq.) Sw.) 19
2.2.2 Determinación de propiedades fisicoquímicas y nutricionales en la harina obtenida del fruto de cidrayota (*Sechium edule* (Jacq.) Sw.). 21
2.2.2.1 Propiedades fisicoquímicas 21
pH 21
Acidez Titulable 21
Tamaño de partícula (granulometría) 22
Densidad aparente 23
Color 23
2.2.2.2 Propiedades nutricionales 24
Humedad 24

Fibra cruda 25
Grasa 25
Ceniza 26
Proteína 27
Carbohidratos 28
2.2.2 Identificación de las propiedades tecnológicas de la harina para aplicaciones en productos alimenticios. 28
Capacidad de retención de agua (CRA) 28
Capacidad de hinchamiento (CH) 29
Capacidad de retención de aceite (ORC) 29
Capacidad espumante (CE) 30
Almidón y amilosa total 30
CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN 32
3.1 Análisis y discusión de resultados 32
3.1.1 Obtención de harina a partir del fruto de cidrayota (Sechium edule (Jacq.) Sw.) variando las temperaturas en el método de secado. 32
3.1.2 Propiedades fisicoquímicas y nutricionales de la harina obtenida del fruto de cidrayota (Sechium edule (Jacq.) Sw.). 34
3.1.3 Propiedades tecnológicas de la harina obtenida del fruto de cidrayota (Sechium edule (Jacq.) Sw.). 44
3.1.4 Verificación de Hipótesis 47
CAPÍTULO VI. - CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 48
4.1 Conclusiones 48
4.2 Recomendaciones 48
BIBLIOGRAFÍA 50
ANEXOS 59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica de la cidrayota Sechium edule (Jacq.) Sw 2
Tabla 2. Características medioambientales para el cultivo de la cidrayota 5
Tabla 3. Composición nutricional del fruto de cidrayota Sechium edule (Jacq.) Sw. 6
Tabla 4. Clasificación de harinas vegetales según su procedencia 10
Tabla 5. Métodos utilizados para la determinación de almidón y amilosa en harina de cidrayota 30
Tabla 6. Valores de sólidos solubles, acidez e índice de madurez en los frutos de cidrayota 32
Tabla 7. Rendimiento de la harina de cidrayota Sechium edule (Jacq.) Sw de la variedad virens levis en los tres tratamientos 33
Tabla 8. Valores de pH, acidez titulable y densidad aparente de las harinas de cidrayota obtenidas a partir de tres temperaturas diferentes 34
Tabla 9. Porcentajes de retención en el tamizaje de las harinas de cidrayota obtenidas a partir de tres temperaturas diferentes 36
Tabla 10. Parámetros de color: Luminosidad (L*), tonalidades a* (verde/rojo), b* (azul/amarillo), cromaticidad/pureza (C*) y tono (°H) en las harinas de cidrayota 40
Tabla 11. Análisis nutricional de las harinas de cidrayota obtenidas a partir de tres temperaturas diferentes 41
Tabla 12. Propiedades tecnológicas de las diferentes harinas de cidrayota 44
Tabla 13. Contenido de almidón y amilosa total de las diferentes harinas de cidrayota 46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Planta y fruto de Cidrayota Sechium edule (Jacq.) Sw. 3
Figura 2. Morfología del fruto de Cidrayota Sechium edule (Jacq.) Sw. 3
Figura 3. Variedades de Sechium edule (Jacq.) Sw. 4
Figura 4. Diagrama de flujo de la elaboración de harina hortofrutícola 8
Figura 5. Clasificación de las harinas en base a tres aspectos: calidad panadera, procedencia, grado de refinamiento y finura. 9
Figura 6. Proceso de elaboración de harina del fruto de cidrayota Sechium edule. 20
Figura 7. Clasificación del tamaño de partícula en los tres tratamientos en función del porcentaje (%) de retención de harina en cada tamiz. 37
Figura 8. Módulo de finura de las partículas de las harinas de cidrayota. Las letras (a, b y c) señalan la diferencia significativa entre los tres tratamientos 38
Figura 9. Módulo de uniformidad de las partículas de las harinas de cidrayota. Las letras (a, b y c) señalan la diferencia significativa entre los tres tratamientos. 39
Figura 10. Resultado de proteína obtenido para harina H1(40°C) -R1 63
Figura 11. Resultado de proteína obtenido para harina H1(40°C) -R2 64
Figura 12. Resultado de proteína obtenido para harina H2(50°C) -R1 65
Figura 13. Resultado de proteína obtenido para harina H2(50°C) -R2 66
Figura 14. Resultado de proteína obtenido para harina H3(60°C) -R1 67
Figura 15. Resultado de proteína obtenido para harina H3(60°C) -R2 68

RESUMEN EJECUTIVO

Ecuador, gracias a su diversidad de microclimas, es productor de una amplia variedad de productos hortofrutícolas, como la cidrayota. Sin embargo, el desconocimiento y la falta de información acerca de este cultivo puede ser una problemática en un país que enfrenta desafíos alimentarios y demanda alimentos nutritivos con materias primas poco convencionales. Este estudio se centró en caracterizar las propiedades fisicoquímicas, nutricionales y tecnológicas de la harina de cidrayota (*Sechium edule* (Jacq.) Sw.), obtenida mediante secado a tres temperaturas diferentes (40, 50 y 60 grados Celsius) durante 24 horas. Se realizaron análisis de las propiedades fisicoquímicas como pH, acidez titulable, densidad aparente, color y granulometría, así mismo se evaluaron los componentes nutricionales como humedad, fibra, grasa, proteína, ceniza y carbohidratos, además se identificó el valor tecnológico como la capacidad de retención de agua y aceite, capacidad de hinchamiento, capacidad de formación de espuma y contenido de almidón y amilosa. Los resultados obtenidos indicaron que las harinas de cidrayota presentan buen contenido de proteína (8.18 a 13.60 por ciento) y fibra (6.75 a 10.05 por ciento), y bajo contenido de grasa (0.48 a 0.62 por ciento). La harina H2, secada a 50 grados Celsius, fue identificada como el tratamiento más efectivo debido a sus valores medios en rendimiento y componentes nutricionales, además de su granulometría, color, humedad y sobre todo su potencial tecnológico. Los hallazgos de esta investigación contribuyen al conocimiento sobre las propiedades y potenciales aplicaciones de la harina de cidrayota en la elaboración de alimentos más nutritivos y saludables.

Palabras claves: cidrayota, harinas no convencionales, propiedades fisicoquímicas, propiedades nutricionales, propiedades tecnológicas

ABSTRACT

Ecuador, thanks to its diverse microclimates, is a producer of a wide variety of horticultural products, such as cidrayota. However, the lack of knowledge and information regarding this crop can be a problem in a country that faces food challenges and demands nutritious foods with unconventional raw materials. This study focused on characterizing the physicochemical, nutritional and technological properties of cidrayota (Sechium edule (Jacq.) Sw.) flour, obtained by drying at three different temperatures (40, 50 and 60 degrees Celsius) for 24 hours. Physicochemical properties such as pH, titratable acidity, bulk density, color, and particle size were analyzed, as well as nutritional components such as moisture, fiber, fat, protein, ash, and carbohydrates, and technological values such as water and oil retention capacity, swelling capacity, foaming capacity, and starch and amylose content. The results obtained indicated that cidrayota flours have good protein content (8.18 to 13.60 percent) and fiber (6.75 to 10.05 percent) content and low-fat content (0.48 to 0.62 percent). H2 flour dried at 50 degrees Celsius was identified as the most effective treatment because of its average values in yield and nutritional components, in addition to its grain size, color, moisture, and especially its technological potential. The findings of this study contribute to the knowledge of the properties and potential applications of cidrayota flour in the development of more nutritious and healthy foods.

Keywords: cidrayota, unconventional flours, physicochemical properties, nutritional properties, technological properties, nutrition.

CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes Investigativos

Ecuador, gracias a la diversidad de microclimas en sus diferentes regiones, produce una amplia variedad de productos hortofrutícolas. Entre ellos, destaca la cidrayota o chayote (*Sechium edule* (Jacq.) Sw.), un fruto que ha despertado interés en los últimos años **(Cadena & Arévalo, 2010; Lam, 2016).** Sin embargo, a pesar del potencial de la cidrayota, su desconocimiento y la falta de información sobre su cultivo y usos culinarios restringe su aprovechamiento. Este problema se vuelve aún más significativo en un país que enfrente desafíos alimentarios como el crecimiento de la población, el cambio climático y la demanda de alimentos nutritivos con materias primas poco convencionales **(Calero, 2011).** En Ecuador, no existen datos oficiales sobre el estudio o cultivo de la cidrayota. Esto ha limitado su uso en la industria alimentaria, relegándola principalmente a preparaciones básicas en la cocina como sopas y ensaladas **(García, 2019).** Es importante destacar que esta hortaliza no solo nos ofrece un sabor agradable, sino que también es una gran fuente de carbohidratos, minerales y vitaminas **(Lam, 2016).** Aprovechar al máximo este fruto versátil y nutritivo ayudando a contribuir a la seguridad alimentaria del país.

1.1.1 Cidrayota (*Sechium edule* (Jacq.) Sw.)

El origen de la cidrayota se remonta a Mesoamérica y Sudamérica, principalmente del sur de México **(Cadena & Arévalo, 2010).** Esta es una hortaliza, con una variedad de nombres según la región donde se encuentre chayote, cidrayota, cidra papa, guatila, tayota, chayota, chaya, huisayote, talote y escobilla dulce, entre otros, es un cultivo cada vez más importante en las zonas tropicales y subtropicales gracias a su adaptabilidad y valor nutricional **(Rojas-Sandoval, 2018).** Su riqueza en vitaminas, minerales y compuestos antioxidantes la convierten en un alimento ideal para una dieta saludable **(Moreira, 2018)**.

1.1.1.1 Taxonomía de la cidrayota

La cidrayota posee una clasificación taxonómica específica que nos permite comprender su ubicación dentro del reino vegetal. A continuación, se presenta las diferentes categorías que la definen:

Tabla 1.

Clasificación taxonómica de la cidrayota Sechium edule (Jacq.) Sw

Clasificación	Denominación
Reino	Vegetal
Subreino	Embryophyta
División	Anthophyta
Clase	Dicotyledoneae
Orden	Cucúrbitales
Familia	Cucurbitáceas
Subfamilia	Sicyoideae
Género	*Sechium*
Especie	*Edule*

Nota: Elaborada a partir de **Avendaño et al. (2010)** y **Lam (2016).**

1.1.1.2 Morfología de la cidrayota

Esta especie pertenece a la familia de las cucurbitáceas o calabazas. Se trata de una planta enredadera y trepadora que puede alcanzar hasta 15 metros de largo. Sus hojas son anchas, ovaladas, con margen dentado, y de su tallo brotan de 3 a 5 zarcillos gruesos y ramificados, como se muestra en la Figura 1a. Los frutos de la cidrayota son bayas carnosas de una semilla. Tienen una forma ovalada similar a una pera, y su color puede variar desde blanco hasta verde oscuro, como se observa en la Figura 1b. Su tamaño oscila entre los 7 y 20 cm, y pueden llegar a pesar entre 100 y 1000 gramos **(García, 2019; Lam, 2016; Rojas-Sandoval, 2018).**

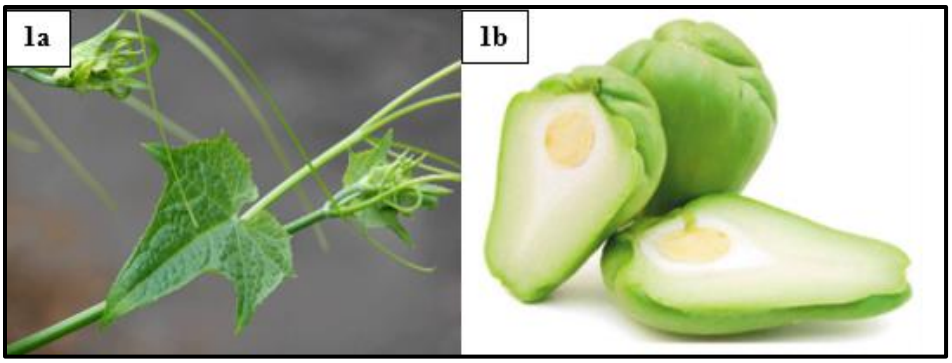


Figura 1. Planta y fruto de Cidrayota *Sechium edule* (Jacq.) Sw.

Nota: Adaptada de **Lam (2016)** y **Rojas-Sandoval (2018).**

Según **Moreira (2018)** la cidrayota es un fruto con una estructura compleja, como se muestra en la Figura 2. Al igual que otros frutos, el chayote se divide en cuatro partes principales:

1. **Exocarpio:** es la capa externa del fruto. Puede ser lisa o tener espinas, y presenta diferentes tonalidades y surcos.
2. **Mesocarpio:** es la parte carnosa y suave que se encuentra entre el exocarpio y el endocarpio. Es de color blanco-verdoso, rico en nutrientes y fibra que forma una red alrededor del endocarpio.
3. **Endocarpio:** es la parte central del fruto, donde se encuentra la semilla, es duro y leñoso.
4. **Semilla:** es grande y redonda con una tonalidad blanca cremosa. Tiene una textura dura y lisa. Son buena fuente de proteína, fibra y vitaminas.

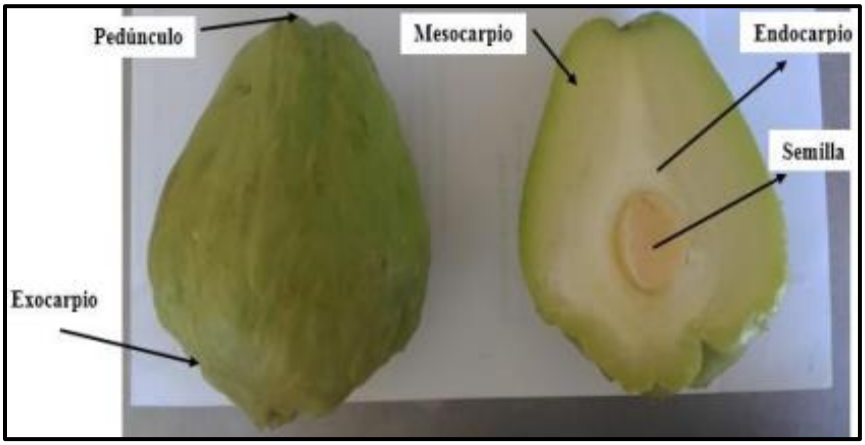


Figura 2. Morfología del fruto de Cidrayota Sechium edule (Jacq.) Sw.

Nota: Adaptado de **Moreira (2018).**

1.1.1.3 Variedades de cidrayota

Esta hortaliza presenta 12 variedades de *Sechium edule,* cada una con características morfológicas distintivas y estables, principalmente tenemos los chayotes verdes claros y verdes oscuros, asimismo podemos encontrar chayotes blancos o amarillos **(Cadena & Arévalo, 2010; Cisneros, Cadena, Avendaño, & Arévalo, 2011).** Además de su color, los chayotes también pueden ser lisos o con espinas, como se muestra en la Figura 3. La variedad utilizada en la presente investigación, la *virens levis* pertenece al grupo de chayotes verdes claros y lisos, siendo los más conocidos y consumidos.

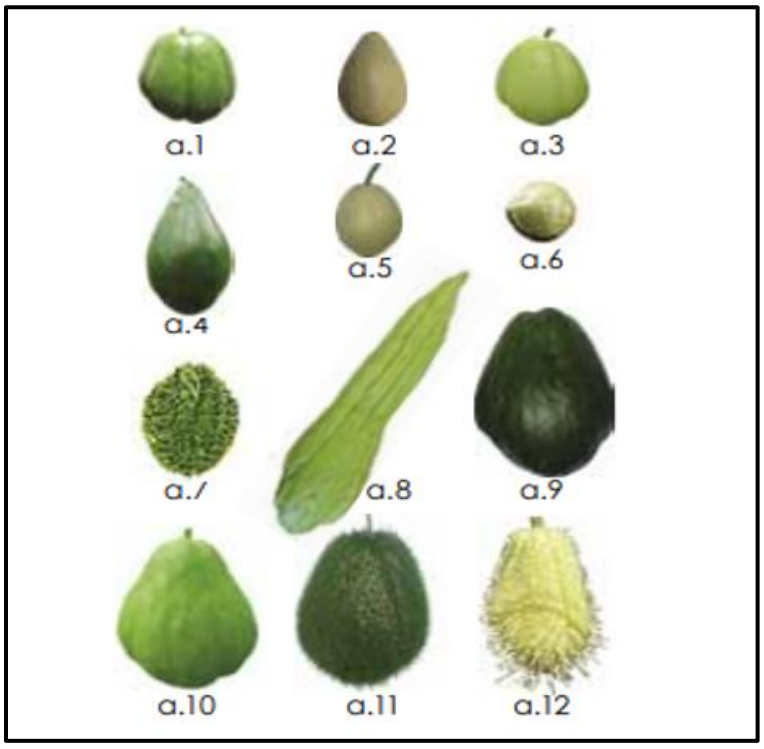


Figura 3. Variedades de *Sechium edule* (Jacq.) Sw.

Nota: Existen diferentes variades de cidrayota como se indica a continuación a.1: *nigrum levis*, a.2 *albus levis*, a.3 *albus dulcis*, a.4 *nigrum conus,* a.5 *albus minor*, a.6 *nigrum minor,* a.7 *ancestro silvestre,* a.8 *nigrum maxima*, a.9 *nigrum xalapensis,* a.10 *virens levis*, a.11 *nigrum espinosum*, a.12 *albus spinosum.* Adaptado de **Cisneros et al. (2011).**

1.1.1.4 Cultivo de la cidrayota

El chayote se cultiva como hortaliza **(Rojas-Sandoval, 2018).** Esta planta prospera en regiones con climas cálidos y subtropicales, con temperaturas ideales entre 13 y 21 °C, pues temperaturas muy altas o bajas pueden afectar su desarrollo **(Lam, 2016).** Su adaptabilidad es una de sus principales características. Puede crecer y florecer en distintos lugares, terrenos abandonados, patios de casa, huertos o plantaciones debido a que no depende de cuidados excesivos **(Montalvo, 2023)**. Siguiendo condiciones ambientales, el chayote puede cultivarse de 3 a 4 meses después de la siembra. La Tabla 2 resume las condiciones de cultivo ideales para esta especie.

Tabla 2.

Características medioambientales para el cultivo de la cidrayota

Altitud	Cultivo de mediana a alta altitud (300-200 msnm)
Humedad	Alta humedad relativa (80 – 85%)
Precipitaciones	Entre 1500 y 2000 mm anuales
Luz solar	8- 12 horas diarias
Temperaturas	13- 21 °C

Nota: Información obtenida de **Montalvo (2023).**

1.1.1.5 Zonas de producción de cidrayota en el Ecuador

El chayote es una hortaliza ampliamente cultivada en Ecuador. Su presencia se extiende por diferentes zonas del país, abarcando geográficamente las regiones Costa, Sierra y Oriente. En la Costa, las provincias de Esmeraldas, Manabí, El Oro y Santo Domingo de los Tsáchilas se destacan como importantes zonas de producción. En la Sierra, Chimborazo, Imbabura, Pichincha, Tungurahua y Loja también ostentan una notable producción de chayote. Finalmente, en el Oriente, Morona Santiago, Zamora y Pastaza completan la lista de zonas con mayor cultivo de esta hortaliza **(Moreira, 2018).**

1.1.1.6 Utilización de la cidrayota

La cidrayota es empleada tradicionalmente con fines culinarios al ser una planta muy versátil, las partes que se utilizan generalmente son: el fruto, las hojas y las raíces, también es usado para nutrición humana y

para animales, además el chayote tiene diferentes aplicaciones como en la elaboración de cosméticos y fármacos **(Valencia-Mejía, Monribot-Villanueva, & Guerrero-Analco, 2022).** Esta planta es comestible y se puede aprovechar hasta el 80 % de ella a diferencia de los cereales que solo se utiliza el 30% **(Rojas-Sandoval, 2018)**.

Por otra parte, esta planta es de uso medicinal al ser diurético y cicatrizante, por su alto contenido de agua es ideal para el estreñimiento, al carecer de grasas saturadas ayuda a controlar el colesterol, combate y previene la anemia por su contenido de vitamina B12 y hierro, además que el consumo de su fruto puede disolver cálculos renales **(Cadena-Iñiguez et al., 2022).**

1.1.1.7 Composición nutricional de la cidrayota

La cidrayota es un fruto con un perfil nutricional excepcional. Si bien es baja en calorías y grasas, posee una gran riqueza en fibra, vitaminas y minerales **(Ferrer, 2020).** De hecho, toda la planta contiene compuestos beneficiosos como flavonoides, carotenoides, fitoesteroles, esteroles y metionina **(Montalvo, 2023).** A continuación, en la Tabla 3 se ofrece un desglose detallado de su composición nutricional.

Tabla 3.

Composición nutricional del fruto de cidrayota Sechium edule (Jacq.) Sw.

Composición	Fruta madura	Fruta sin semilla	Semillas
pH	6.5 – 6.7		
Energía (Calorías)	26 – 31		
Humedad (%)	89.0 – 93.4	93.4	
Proteína (g)	0.9 – 1.1	0.93	5.5
Lípidos (g)	0.1 – 0.3	0.05	
Carbohidratos (g)	3.5 – 8.4	4.80	6.0
Fibra (g)	0.4 – 1.1	0.41	
Calcio (mg)	12 – 19	13	12
Fósforo (mg)	20 – 27	27	
Hierro (mg)	0.4 - 0.8	0.21	
Potasio (mg)	38		

Composición	Fruta madura	Fruta sin semilla	Semillas
Vitamina A (mg)	5		
Niacina (mg)	0.4 – 0.5		
Ácido ascórbico (mg)	11 – 20		

Nota: Elaborado a partir de **Ferrer (2020)** y **Montalvo (2023)**.

1.1.2 Harina

La harina es un polvo fino que se obtiene principalmente de la molienda de semillas de cereales y de otros elementos sólidos como tubérculos, legumbres u hortalizas, es un ingrediente indispensable en la cocina y un alimento básico en la dieta **(Pino, 2019)**. Su calidad y valor nutricional puede variar dependiendo del tipo de grano o vegetal del que se obtiene, así como del proceso de molienda al que se somete. Tanto en el ámbito doméstico como industrial, la harina se utiliza para la elaboración de una amplia gama de productos alimenticios, desde panes y pastas hasta tortillas, galletas y pasteles **(Sifre et al., 2019).**

En la actualidad, la producción de harina abarca una amplia diversidad de materias primas, adaptándose a las necesidades nutricionales y preferencias de cada cultura. La historia de la harina refleja la evolución de la humanidad y su constante búsqueda por mejorar la calidad de vida a través de la alimentación **(Pino, 2019).**

1.1.2.1. Elaboración de harina hortofrutícola

Según **Santos, López da Silva, & Pintado (2022)** para la obtención de harina de frutas o vegetales se debe seguir una serie de pasos como se muestra a continuación:

1. **Recepción:** En este paso, la materia prima es recibida en la planta procesadora, donde se seleccionan las frutas u hortaliza más frescas y maduras que estén en buen estado.
2. **Lavado y preparación:** Las frutas u hortalizas se lavan cuidadosamente con una corriente de agua para eliminar cualquier suciedad o residuos. Posteriormente, se pelan y se retiran las semillas si es necesario.
3. **Corte y triturado:** Se procede a cortar las frutas u hortalizas en trozos pequeños para facilitar el proceso de secado. También es pueden triturar para acelerar el tiempo de secado.

4. **Secado:** Los trozos se colocan en bandejas de deshidratador o en rejillas para asegurar un secado uniforme. Es crucial una distribución homogénea.
5. **Molienda:** Una vez que las frutas u hortalizas estén completamente secas y crujientes, se trituran en un procesador de alimentos como un molido hasta obtener un polvo fino.
6. **Tamizado:** la harina resultante se tamiza para obtener un tamaño de partícula deseada**.**

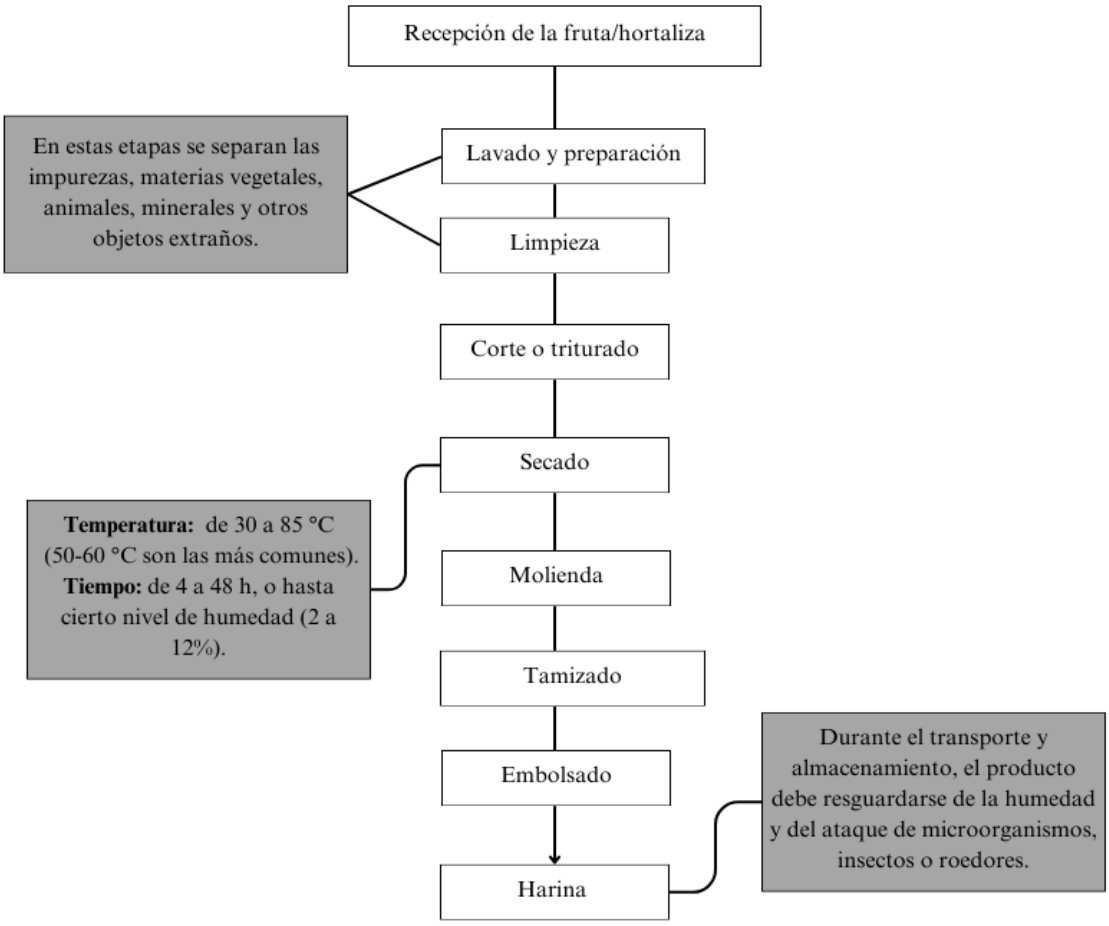


Figura 4. Diagrama de flujo de la elaboración de harina hortofrutícola

Nota: Para la elaboración de este tipo de harinas se debe seguir los pasos descritos, configurando la temperatura y el tiempo según las necesidades de la materia prima. Adaptado de **Santos, López da Silva, & Pintado (2022).**

1.1.2.2 Clasificación de las harinas

Las harinas se pueden clasificar a base de diversos criterios como se muestra a continuación:

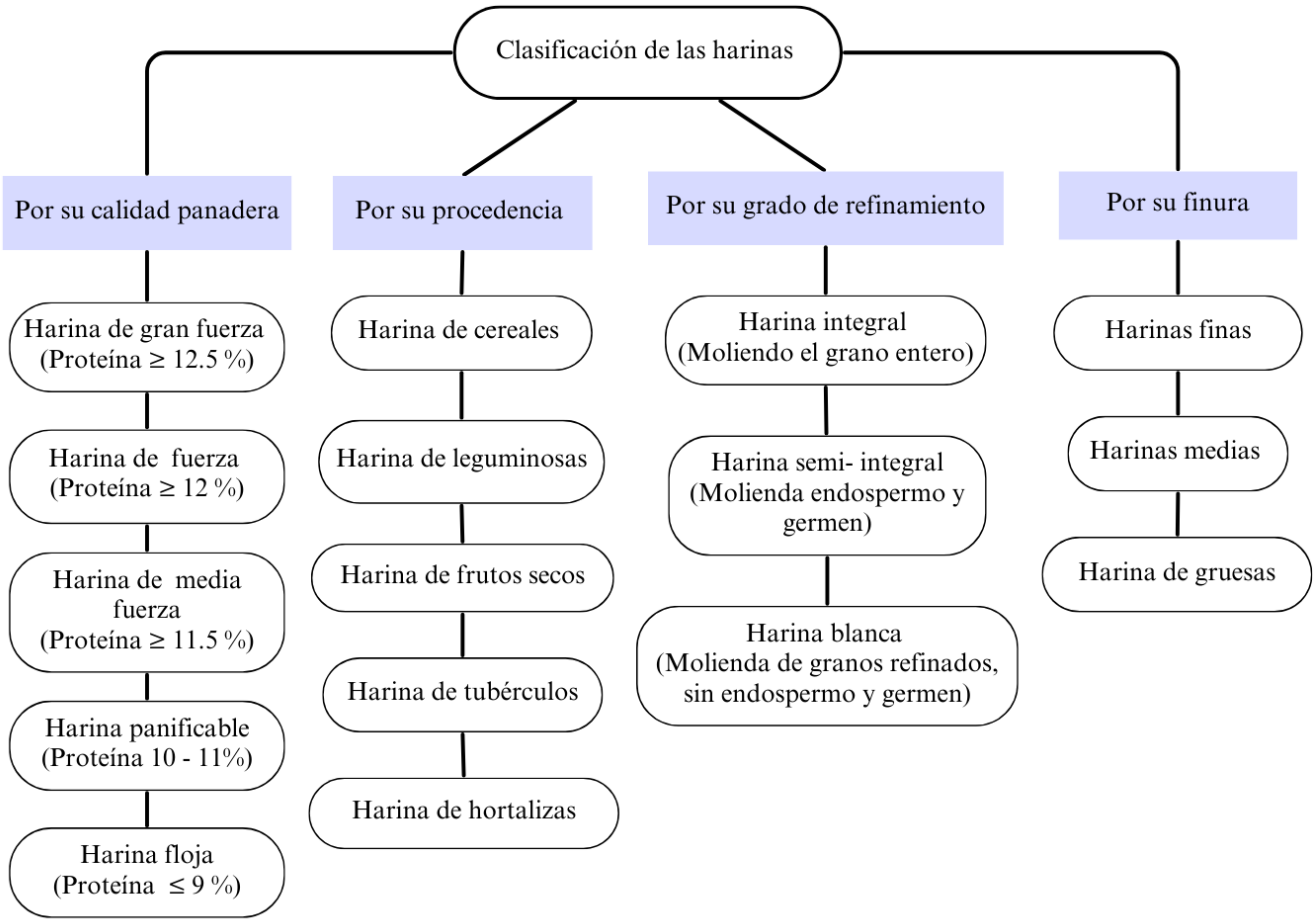


Figura 5. Clasificación de las harinas en base a tres aspectos: calidad panadera, procedencia, grado de refinamiento y finura.

Nota: Adaptado del **CODEX STAN 152 (2021); Illanes (2011); Pino (2019); Sifre et al. (2019).**

Con base en la Figura 5 se hará hincapié en la clasificación de harinas vegetales de acuerdo con su procedencia, como se muestra a continuación en la Tabla 4:

Tabla 4.

Clasificación de harinas vegetales según su procedencia

Clasificación	Definición	Ejemplos
Harina de cereales	Esta harina se obtiene al moler cereales, pero el más común es el trigo. Son las más usadas, ya que son fuente de carbohidratos, proteínas, fibra, vitaminas y minerales.	Trigo, arroz, maíz, avena, cebada, quinua
Harina de leguminosas	Estas harinas son excelentes alternativas sin gluten, son ricas en proteínas vegetales y fibra dietética.	Lentejas, frijoles, habas, garbanzos
Harina de frutos secos	Estas harinas son ricas en proteínas, fibra y grasas insaturadas. No contienen gluten.	Coco, almendras
Harina de tubérculos	Son harinas que aportan calorías a la dieta gracias a su componente de carbohidratos, fibra, vitaminas y minerales.	Papa, yuca.
Harina de hortalizas	Este tipo de harinas son ricas en fibra, vitaminas y minerales. Son ideales para una dieta saludable gracias a su bajo contenido de calorías y grasas.	Coliflor, zanahoria, calabaza, espárragos

Nota: La "harina" se entiende que es procedente del trigo, si se trata de otras harinas vegetales se deberá especificar su procedencia, por ejemplo, harina de maíz. Elaborado a partir de **Díaz, Castagnino, Rosini, & Favazzo (2021); El Tiempo (2005); Jahreis et al. (2016); Sifre et al. (2019).**

1.1.2.3 Consumo de harinas en Ecuador

En Ecuador, el consumo de harina per cápita anual supera los 39 kg con trigo, arroz, cebada y maíz como cereales más relevantes para la producción nacional **(El Universo, 2023; Luxbacher & FASQuito, 2019)**. Sin embargo, la alta demanda de trigo y la baja producción interna generan un problema: no se puede cubrir

el requerimiento de la industria molinera, lo que obliga a importar el 99% de trigo que se consume **(El Universo, 2023)**.

A pesar de este panorama, la industria ecuatoriana de harinas ha experimentado un crecimiento en los últimos años, impulsada por la demanda de productos más saludables y nutritivos. Esta tendencia ha motivado la innovación y producción de harinas poco convencionales para todo uso, diferentes a la de trigo, pero fortificadas con vitaminas y minerales, ofreciendo una gran variedad para satisfacer necesidades y preferencias de los consumidores, además de poder ser aplicados como suplementos alimenticios **(Holguín & Alvarado, 2017)**.

1.1.3 Harinas no convencionales

Las harinas no convencionales, son aquellas que provienen de materias primas diferentes del trigo y otros cereales, se consideran ideales para personas celiacas con dietas especiales, ya que en su mayoría no contiene gluten. Estas harinas pueden mezclarse entre sí o con otros productos básicos para enriquecer la dieta y los productos alimenticios **(Pino, 2019)**. Son alternativas innovadoras con propiedades nutricionales y sensoriales mejoradas que satisfacen las necesidades de la industria y los consumidores **(Araucania diario, 2021)**.

Estas harinas pueden ser utilizadas en panadería, galletería, industria alimentaria e incluso como alimento de animales, ya que son una fuente de proteínas, aminoácidos, vitaminas, enzimas, minerales, entre otros **(Artavia, Arias-Álvarez, Cortés-Herrera, & Granados-Chinchilla, 2022)**.

- *Gluten:* proteína vegetal de bajo valor nutritivo, se popularizó por su capacidad de retener aire en la matriz proteína, lo que facilita a la adherencia de las masas y mejorar la forma, firmeza y textura del pan **(Burgos, 2019; FDA, 2018)**. Sin embargo, el gluten puede causar la enfermedad celiaca, una intolerancia permanente al gluten, especialmente a una de sus fracciones proteicas, la gliadina, que es una prolamina tóxica que afecta directamente al intestino delgado, causando graves lesiones **(Parada & Araya, 2010**). El gluten se encuentra principalmente en cereales como el trigo, centeno, cebada, entre otros **(Burgos, 2019)**.

1.1.4 Caracterización de harinas

La caracterización de harinas es fundamental para determinar su calidad y potencial de uso en diferentes aplicaciones culinarias e industriales **(Oliva, Duque, & García-Alzate, 2018)**. La caracterización de harinas comprende el análisis de diversos parámetros como el fisicoquímico, bromatológico y morfológico permitiendo hacer una interrelación entre la macro y microestructura, además de sus propiedades tecnológicas/funcionales, importantes para evaluar el rendimiento en la elaboración de pan, pastas, galletas y otros productos industriales **(Umaña, Álvarez, Lopera, & Gallardo, 2010)**.

Según **Salazar et al. (2021)** mencionan que las proporciones de proteínas, carbohidratos y fibra son los determinantes de la calidad nutricional de las harinas no convencionales. Además, la mayor parte de estas harinas son ricas en fibra, con bajo contenido de almidón y en su gran mayoría sin gluten.

1.1.5 Secado de alimentos

Este proceso consiste en reducir el nivel de humedad de los alimentos, previniendo la acción de microorganismos y enzimas que aceleran su descomposición. Los alimentos pueden ser secados al sol, en un horno o en deshidratador **(Cabascango-Molina & de la Vega, 2018)**. El secado en horno se lleva a cabo mediante la exposición del alimento a temperaturas, tiempos específicos y corriente de aire. La temperatura es un factor clave, ya que debe ser lo suficientemente alta para evaporar el agua, pero lo bastante baja para no generar una alteración en las características del alimento. Por lo general, la temperatura óptima de secado es 60 °C, aunque las temperaturas usadas oscilan entre los 50 °C y 80 °C, dependiendo del alimento **(Adeyeye, Ashaolu, & Babu, 2022)**.

El tiempo y temperatura de secado son determinantes, ya que si alguno de estos se da en exceso se puede producir una pérdida del valor nutricional y de la calidad organoléptica del alimento **(Olalekan, Joshua, & Surendra, 2022)**. Es importante tener en cuenta que cada alimento tiene su propio tiempo y temperatura de secado óptimos **(Fito, Andrés, Barat, & Albors, 2001)**. Algunos alimentos, como las hierbas y especias, requieren tiempo y temperatura cortos, ya que son más susceptibles a la pérdida de sabores y aromas. Por otro lado, las frutas y verduras suelen requerir una temperatura de 40- 60 °C, por un tiempo prolongado (12-24 horas), si las temperaturas son mayores a las antes mencionadas la fruta o verdura se puede cocinar en su exterior manteniendo el agua en el interior **(Cabascango-Molina & de la Vega, 2018; Schmutz & Hoyle, 2023).**

1.1.6 Efecto de secado en la elaboración de harinas

El secado en la elaboración de harinas es fundamental, ya que puede afectar significativamente en las propiedades físicas, químicas y nutricionales del alimento. Por lo tanto, la selección del tiempo, y la temperatura debe ser adecuado y preciso, con el fin de obtener una harina de calidad y segura para la alimentación humana **(Manuhara, Amanto, & Astuti, 2017)**. Según **Akonor, Tutu, Affrifah, Budu, & Saalia (2023)** a mayor tiempo y temperatura que se exponga la materia prima al proceso de secado, mayor será el daño en sus propiedades, haciendo que esta se torne más oscura, adquieran una textura muy dura y el contenido de nutriente disminuya. Asimismo, los métodos de secado pueden tener efectos variados sobre la funcionalidad de las harinas en los productos como color, textura, densidad, porosidad y absorción **(Abera, Solomon, & Bultosa, 2017)**.

1.1.7 Propiedades fisicoquímicas en harinas

La harina posee propiedades fisicoquímicas, que pueden variar según de dónde provenga, en las que se incluye: composición, color, granulometría, y, contenido de almidón y amilosa. Estas propiedades fisicoquímicas son un conjunto de características que determinarán el comportamiento y la calidad final de la harina **(Klaus & Karel, 2009)**. Algunas características como el color y la granulometría son parámetros físicos importantes y los cuales contribuyen a la calidad de la harina. El color influye en la tonalidad de los productos, si la harina es oscura o marrón, el producto final también lo será, lo cual no es muy deseable. La granulometría es importante, ya que afecta a la tasa de hidratación de harina y a la cantidad de agua necesaria para formar una masa, mientras más fina la harina, la hidratación será más rápida y la cantidad de agua mayor **(Umaña et al., 2010)**.

1.1.8 Propiedades nutricionales en harinas

Las propiedades nutricionales de la harina hacen referencia a la humedad, cenizas, contenido de proteína, grasa, fibra, entre otros. A continuación, se presenta un análisis detallado de algunas de las propiedades nutricionales de la harina:

- **Humedad:** el contenido de humedad se debe a las condiciones en las que se almacene la harina respecto a la temperatura, la humedad y los recipientes. La harina generalmente debe tener una

humedad que oscile entre <13-14 %, permitiéndose también una humedad máxima de 15%. Esto porque, si la humedad es mayor a la mencionada, se favorecerá al crecimiento de moho y bacterias **(Klaus & Karel, 2009)**.

- **Ceniza:** el contenido de cenizas en la harina refleja la cantidad de minerales**.** Entre los minerales más importantes tenemos sodio, magnesio, potasio, azufre, fósforo, etc. La cantidad de cenizas nos muestra el grado de contaminación y otras materias dentro de la harina **(Klaus & Karel, 2009).**

- **Proteína:** en la harina de trigo, la proteína principal es el gluten. El contenido de gluten u otras proteínas determinan su calidad y fuerza **(Klaus & Karel, 2009)**. Las harinas de fuerza contienen de 12 a 13% de proteína, mientras que las harinas de mediana fuerza tienen de 10 a 11% de proteína y por último las harinas flojas con un contenido de proteína entre 7 a 9 % **(CMI, 2023)**.

- **Gasas:** la grasa en la harina influye en el valor nutricional, la estabilidad de almacenada y en la calidad panadera. Los lípidos totales que se encuentra en la harina de trigo son de 2% aproximadamente, en la cual se encuentra los lípidos libres (importantes para formar la red lípido-gluten) y los lípidos unidos. Estos se subclasifican en lípidos polares y no polares **(Elichalt et al., 2017)**.

- **Carbohidratos:** componentes de la harina**.** Los carbohidratos totales se clasifican en tres tipos: almidón, azúcares y fibra. Estos macronutrientes son una fuente de energía para el cuerpo **(FPM, 2023).**

1.1.9 Propiedades tecnológicas en harinas

Las propiedades tecnológicas en las harinas son un conjunto de características que ayudan a determinar el comportamiento en la elaboración de productos, así como la calidad de estos. Estas propiedades pueden ser:

- **Capacidad de retención de agua:** esta propiedad hace referencia a la cantidad de agua que puede retener en el almidón y en la fracción proteica de la harina, en función del tamaño de partículas. Es utilizada para determinar la capacidad de formar masas viscoelásticas **(Cadena, Arias, García, Rodríguez, & Cuevas, 2023; Villar, Martín, & Albors, 2021)**.

- **Capacidad de retención de aceite:** esta propiedad se obtiene como diferencia en el peso de la harina antes y después de retener el aceite. Al tener buena retención actuará como retenedor de sabor y aumentará la textura de los alimentos, finalmente son estables al no desarrollar rancidez **(Villar, Martín, & Albors, 2021)**.

- **Poder de hinchamiento:** esta propiedad indica la capacidad que tiene el almidón presente en la harina de aumentar el volumen del producto en presencia de agua, lo cual se relaciona también con la capacidad de absorción de agua. El poder o capacidad de hinchamiento es fundamental para la preparación de alimentos viscosos (masas, productos horneados), así como para espesar salsas, cremas y sopas **(Cadena, Arias, García, Rodríguez, & Cuevas, 2023; Villar, Martín, & Albors, 2021)**.

- **Capacidad espumante:** es una propiedad funcional importante de las proteínas, las cuales tienen la capacidad de formar una película delgada y resistente en una interfase líquido-gas por medio de batido o agitación. Esta propiedad contribuye a esponjosidad y textura de los productos **(Cadena, Arias, García, Rodríguez, & Cuevas, 2023; Villar, Martín, & Albors, 2021)**.

Las propiedades tecnológicas van a variar según el tipo de grano, el proceso de molienda al que ha sido sometido y a las condiciones en la que se encuentre almacenada la harina. El conocimiento de estas propiedades es un importante para poder seleccionar la harina para cada aplicación y así poder obtener un producto de calidad **(Cadena, Arias, García, Rodríguez, & Cuevas, 2023)**.

1.2 Objetivos

1.2.4 Objetivo general

- Caracterizar las propiedades fisicoquímicas, nutricionales y tecnológicas de la harina de cidrayota (*Sechium edule* (Jacq.) Sw.).

1.2.5 Objetivos específicos

- Elaborar harina a partir del fruto de cidrayota (*Sechium* edule (Jacq.) Sw.) variando las temperaturas en el método de secado.

- Determinar las propiedades fisicoquímicas y nutricionales en la harina obtenida del fruto de cidrayota (*Sechium edule* (Jacq.) Sw.).

- Identificar las propiedades tecnológicas de la harina para aplicaciones en productos alimenticios.

1.3 Hipótesis

1.3.1 Hipótesis Nula

H0: No existe una diferencia significativa en las propiedades fisicoquímicas, nutricionales y tecnológicas de la harina de cidrayota obtenida a diferentes temperaturas en el método de secado.

1.3.2 Hipótesis Alternativa

H1: Existe una diferencia significativa en las propiedades fisicoquímicas, nutricionales y tecnológicas de la harina de cidrayota obtenida a diferentes temperaturas en el método de secado.

CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA

2.1 Materiales

2.1.1 Materia Prima

Para la elaboración de la harina se utilizó frutos de cidrayota (*Sechium edule* (Jacq.) Sw.) de la variedad *virens levis* cultivada en el cantón Baños, provincia de Tungurahua.

2.1.2 Materiales de laboratorio y utensilios

Espátula, cápsulas de porcelana, crisoles de porcelana, vasos de precipitación, matraces Erlenmeyer, cajas petri, tubos de ensayo, tubos facón, embudos cónicos, probetas, pinzas de cápsulas, varillas de agitación, balones aforados, buretas, pipetas graduadas, trípodes, peras de succión, cuchillos, platos, brochas, cucharas y pocillos.

2.1.3 Equipos

Deshidratadores por convección Cabela's y GANDER, molino de discos manual, tamizador eléctrico Retsch, balanza analítica Mettler Toledo, balanza digital UWE HGM-20K Geniwweigher, refractómetro, balanza de infrarrojo, medidor de pH, colorímetro Livibond, Dumas VELP SCIENTIFICA, centrifuga HETTINCH, extractor de grasa VELP SCIENTIFICA, extractor de fibra VELP SCIENTIFICA, campana extractora NOVATECH, soporte universal, estufa, mufla, desecador, mechero Bunsen y plancha de calentamiento con agitación 2 posiciones.

2.1.4 Reactivos

Indicador de fenolftaleína, hidróxido de sodio (NaOH) al 0.1 N, hexano (C_6H_{14}), ácido sulfúrico (H_2SO_4), ácido clorhídrico (HCl), alcohol al 90% y agua destilada.

2.2 Métodos

2.2.1 Elaboración de harina a partir del fruto de cidrayota (*Sechium edule* (Jacq.) Sw.) variando las temperaturas en el método de secado.

2.2.1.1. Caracterización del fruto de cidrayota (Sechium edule (Jacq.) Sw.)

Peso

Para obtener el peso de los frutos de cidrayota se procedió a pesar una muestra de 30 unidades en una balanza digital UWE HGM-20K Geniwweigher y posteriormente se determinó el valor promedio.

Acidez titulable

Para determinar la acidez titulable se siguió la metodología impuesta en la **NTE INEN 750 (2013)** donde se tomó varios trozos de cidrayotas al azar y se trituró con un mortero hasta obtener una pulpa, después se diluyo 5 g de pulpa en 45 ml de agua destilada. Posteriormente, se transfirió 10 ml de la muestra a un matraz Erlenmeyer y se agregó 3 gotas de fenolftaleína. Se tituló con hidróxido de sodio 0.1 N con agitación constante hasta obtener un viraje a color rosa. Se registró la cantidad de solución de NaOH utilizada para la titulación (este proceso se realizó por triplicado). Los resultados se expresaron en porcentaje de ácido cítrico mediante la siguiente ecuación:

$$\boldsymbol{Acidez\ titulable} = V * 2 * F$$

Ecuación (1).

Donde:

V: Volumen de la solución de NaOH 0.1N empleado en la titulación (ml)

F: factor de ácido predominante/ ácido cítrico = 0.064 **(Ferrer, 2020)**.

Sólidos solubles

Se determinó por medio del método refractométrico de acuerdo con la norma **NTE INEN ISO 2173 (2003)** antes de iniciar con el análisis se calibró el refractómetro digital con agua destilada, posterior a ello se

colocó una gota de jugo antes obtenido de varias cidrayotas en el refractómetro, se anotó el valor tomando en cuenta que queda expresado en °Brix. Este análisis se realizó por triplicado.

Índice de madurez

La determinación del índice de madurez de las cidrayotas se basó en previos análisis de acidez titulable y sólidos solubles anteriormente mencionados y aplicando la ecuación impuesta por **Ferrer (2020)** como se muestra a continuación:

$$\textbf{Índice de madurez} = \frac{Sólidos\ soluble\ (°Brix)}{Acidez\ titulable}$$

Ecuación (2).

2.2.1.2. Diseño experimental

Para el diseño experimental se basó en un diseño completamente al azar (DCA) utilizando tres tratamientos con diferentes temperaturas 40, 50 y 60 °C, con un tiempo constante de 24 horas durante la extracción de harina de cidrayota. La temperatura fue considerada la principal variable que afectó las propiedades fisicoquímicas, nutricionales y tecnológicas de la harina. Para analizar los datos recogidos se utilizó métodos estadísticos adecuados, como análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de Tukey.

2.2.1.3 Elaboración de harina de cidrayota (Sechium edule (Jacq.) Sw.)

Para la elaboración de harina se siguió la metodología descrita por **Quintero & Zambrano, (2011)** mostrada en la Figura 4. Se trabajó en los laboratorios de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología (FCIAB), para lo cual se utilizó frutos de cidrayota *Sechium edule* (Jacq.) Sw de la *variedad virens levis* cultivada en el cantón Baños provincia de Tungurahua. La materia prima se seleccionó tomando en cuenta el índice de madurez por medio de °Brix/Acidez **(Moreira, 2018).** Las cidrayotas fueron sometidas a una limpieza profunda con agua potable para eliminar todos los residuos superficiales. Se pelaron y se retiraron las partes no comestibles como las cáscaras, dejando solo la parte carnosa y la semilla. Luego se cortó en rodajas pequeñas de 2 mm a 3 mm de espesor y se sometió ha secado en dos deshidratadores por convección marca Cabela's y GANDER.

En el proceso de secado se empleó temperaturas de 40, 50 y 60 °C por un tiempo constante de 24 horas **(Cabascango-Molina & de la Vega, 2018)**. Posteriormente, las muestras enfriadas se trituraron utilizando un molino, sometiendo a 3 moliendas consecutivas para obtener una partícula fina en forma de polvo (NTE **INEN 517, 2012)**. Finalmente, la harina se pasó por un tamizador eléctrico marca Retsch con un tamizador N.º 40 (425 µm) para eliminar partículas con un tamaño diferente. La harina obtenida se almacenó en fundas ziploc para evitar la humedad y la luz, para posteriores análisis.

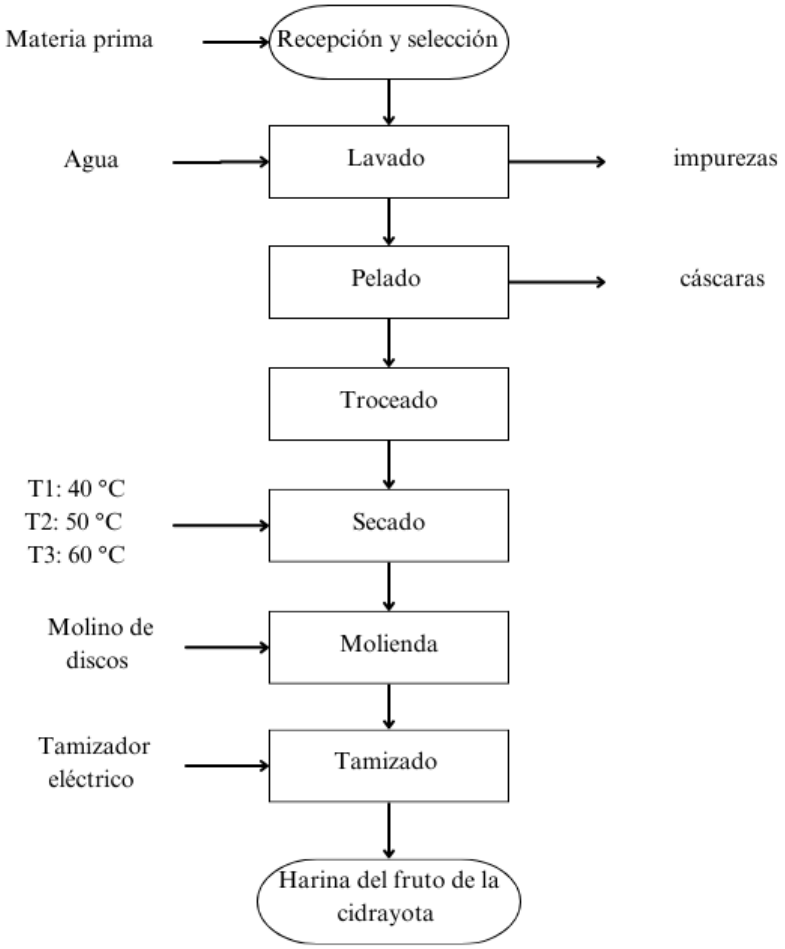


Figura 6. Proceso de elaboración de harina del fruto de cidrayota *Sechium edule*.
Fuente: Adaptado de **Quintero & Zambrano (2011).**

2.2.2 Determinación de propiedades fisicoquímicas y nutricionales en la harina obtenida del fruto de cidrayota (*Sechium edule* (Jacq.) Sw.).

2.2.2.1 Propiedades fisicoquímicas

Las propiedades fisicoquímicas se determinaron en los laboratorios de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología (FCIAB), de acuerdo con las metodologías descritas a continuación.

pH

El pH de la harina se midió en base a **NTE INEN 526 (2012)**. Este procedimiento comenzó con la calibración del electrodo de vidrio utilizando soluciones tampón a pH 4.0 y 7.0. Luego se tomó 10 g de harina de cidrayota y se colocó en un vaso de precipitación. Para obtener una suspensión homogénea, se agregó 100 ml de agua destilada previamente hervida y enfriada (este proceso se realizó por triplicado para los tres tratamientos). Después, se sumergió el electrodo de vidrio en la suspensión hasta que la lectura se estabilizó y posteriormente se registró el valor del pH.

Acidez Titulable

Para la determinación de acidez titulable se basó en el método definido por la **NTE INEN 521 (2013)** para lo cual se pesó 5 g harina y se transfirió a un matraz Erlenmeyer, se agregó lentamente 50 ml de alcohol al 90 % se tapó y se agitó fuertemente la solución. Se dejó reposar durante 24 horas. Transcurrido el tiempo se tomó con una pipeta una alícuota de 10 ml del líquido sobrenadante y se transfirió a un vaso de precipitación, se añadió 3 gotas de fenolftaleína a la solución y se agitó hasta conseguir su completa disolución. Se valoró con solución de NaOH (hidróxido de sodio) 0,1 N con agitación constante hasta que la solución cambio de color, de incolora a rosa. En este punto, se registró la cantidad de solución de NaOH utilizada para la titulación. Este proceso se repitió dos veces más para calcular el volumen promedio de solución de NaOH utilizado. Los resultados se expresaron en porcentaje de ácido cítrico mediante la siguiente ecuación:

$$\boldsymbol{A} = \frac{F * (N_{NaOH} * V_{NaOH})}{m(100 - H)} * \frac{V_1}{V_2}$$

Ecuación (3)**.**

Donde:

$\boldsymbol{A}$: contenido de acidez, en porcentaje de masa de ácido cítrico.

$\boldsymbol{N_{NaOH}}$: normalidad de la solución de hidróxido de sodio.

$\boldsymbol{V_{NaOH}}$: volumen de la solución de hidróxido de sodio empleado en la titulación (ml).

$\boldsymbol{V_1}$: volumen del alcohol empleado (ml).

$\boldsymbol{V_2}$: volumen de la alícuota tomada para la titulación (ml).

F: factor de ácido predominante/ ácido cítrico =0.064 **(Ferrer, 2020)**.

$\boldsymbol{m}$: masa de la muestra (g).

$\boldsymbol{H}$: porcentaje de la humedad en la muestra.

Tamaño de partícula (granulometría)

La determinación de la granulometría se realizó acorde a la norma **NTE INEN 517 (2012)** para lo cual se pesó 100 g de harina y se registró el peso exacto, se colocó en un tamizador eléctrico con 4 tamices de malla en base a las características de la harina (tamices número 40, 80, 100, y 140 mesh) y se procedió a agitar durante 10 minutos. Cuando finalizó el proceso, se retiró los tamizadores y se pesó la cantidad de harina que quedó en cada tamiz, se registró detalladamente los pesos resultantes y se calculó el porcentaje de harina en cada tamaño para poder determinar el módulo de uniformidad y finura de esta. Para determinar el tamaño de partícula se empleó la siguiente ecuación:

$$\boldsymbol{MR} = \frac{(m_2 - m_1)}{m} * 100$$

Ecuación (4).

Donde:

$\boldsymbol{MR}$: masa retenida de harina en porcentaje de masa.

$\boldsymbol{m}$: masa de la muestra (g).

$\boldsymbol{m_1}$: masa del papel sin harina (g).

$\boldsymbol{m_2}$: masa del papel con harina (g).

Densidad aparente

Se determinó mediante la metodología de **Raihan & Saini (2017)** se tomó una probeta de 10 ml y se pesó, luego se añadió harina hasta que llegó al mismo nivel de la probeta, el peso de la probeta vacía y llena fueron registradas. Para calcular la densidad aparente se utilizó la siguiente ecuación:

$$\boldsymbol{Da} = \frac{m}{V}$$

Ecuación (5).

Donde:

$\boldsymbol{m}$: masa de la harina (g).

$\boldsymbol{V}$: volumen de la probeta (cm^3).

Color

La determinación del color se basó en la metodología descrita por **Ocaña (2019)** donde los parámetros de color, L* (luminosidad), tonalidades a* (verde/rojo), b* (azul/ amarillo), se midieron con un colorímetro LOVIBOND, calibrado con un iluminador D65 (luz natural) y un observador estándar D10. Se realizó varias mediciones en diferentes partes de la muestra. Para la coordenada polar o de saturación C* (croma/pureza) y °H (tono) se calculó mediante las siguientes ecuaciones:

$$\boldsymbol{C}^* = \sqrt{(a^2 + b^2)}$$

Ecuación (6).

Donde:

$\boldsymbol{C}^*$: Cromaticidad.

$\boldsymbol{a}$:valor de las tonalidades verde/rojo.

$\boldsymbol{b}$: valor de las tonalidades azul/amarillo.

$$°\boldsymbol{H} = arctg\ \frac{b^*}{a^*}$$

Ecuación (7).

Donde:

$°\boldsymbol{H}$: Angulo de tono.

$\boldsymbol{a}^*$: valor de las tonalidades verde/rojo.

$\boldsymbol{b}^*$: valor de las tonalidades azul/amarillo

2.2.2.2 Propiedades nutricionales

Las propiedades nutricionales como la humedad, ceniza, carbohidratos, proteína, fibra cruda y grasa se determinaron en los laboratorios de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología (FCIAB) de acuerdo con las metodologías descritas a continuación:

Humedad

La determinación de humedad se llevó a cabo mediante la metodología **AOAC 930.15 (2000)** se preparó muestras de harina para asegurar su homogeneidad. Luego se pesó 3 g de la harina y se sometió a un proceso de secado controlado en estufa a una temperatura de 105 °C ± 2 °C por 24 horas. Después del secado, las muestras se enfriaron en un desecador por 30 minutos para evitar la absorción de humedad, este proceso se realizó por triplicado para los tres tratamientos. Finalmente, se pesó la muestra seca y se calculó la pérdida de peso para indicar el contenido de húmeda mediante la siguiente ecuación:

$$\boldsymbol{H} = \frac{P_1 \ - \ P_2}{m} * 100$$

Ecuación (8)**.**

Donde:

$\%\boldsymbol{H}$: porcentaje de humedad en la harina.

$\boldsymbol{P_1}$: peso de la cápsula + la muestra húmeda (g).

$\boldsymbol{P_2}$: peso de la capsula + la muestra seca (g).

m: masa de muestra húmeda (g).

Fibra cruda

Para determinar el contenido de fibra en la muestra, se utilizó un extractor semiautomático de la marca VELP SCIENTIFICA siguiendo la metodología impuesta en la norma **ISO 6865 (2000)** para llevar a cabo el proceso, se tomó una muestra de harina de 0.5 g, la cual se colocó en un crisol y se añadió ácido sulfúrico al 1.25% hasta completar los 150 ml de la capacidad del recipiente. Se dejó hervir durante 30 minutos desde el inicio de la ebullición, después se conectó el vacío para drenar el ácido y se procedió a lavar la muestra con agua desionizada tres veces, agitando con aire comprimido el contenido del crisol. Luego, se añadió hidróxido de sodio al 1.25% y se llevó nuevamente a ebullición por otros 30 minutos, repitiendo el proceso de drenaje al vacío y lavado con agua tres veces. Posteriormente, se colocaron los crisoles en una estufa a 105 °C durante una hora, se enfriaron en un desecador hasta temperatura ambiente, se pesaron y se llevaron a una mufla a 550 °C durante tres horas. Una vez transcurrido ese tiempo, se colocaron nuevamente en un desecador hasta alcanzar temperatura ambiente y volvió a realizar la medición del peso (este proceso se realizó para cada tratamiento). Para determinar el contenido de fibra cruda se empleó la siguiente ecuación:

$$\boldsymbol{F_C} = \frac{(m_1 - m_2)}{m} * 100$$

Ecuación (9).

Donde:

$\boldsymbol{F_C}$: contenido de fibra cruda, en porcentaje de masa.

$\boldsymbol{m}$: masa de la muestra (g).

$\boldsymbol{m_1}$: masa de crisol después de la estufa (g).

$\boldsymbol{m_2}$: masa de crisol después de la mufla (g).

Grasa

Para determinar el contenido de grasa en las muestras, se realizó un proceso de hidrólisis. Se pesó aproximadamente 1 g de la harina por cada tratamiento en un matraz Erlenmeyer, al que se añadió 100 ml de ácido clorhídrico 3 N. Luego, se colocó el matraz en una plancha de calentamiento y se dejó hervir hasta que la solución tomó un color oscuro. Posteriormente, se filtró la muestra en un papel filtro, realizando varios lavados. Una vez extraída toda la muestra con todos los lípidos liberados, se colocó el papel filtro en una estufa para su secado. Luego, las muestras fueron llevadas al extractor de grasa de la marca VELP

SCIENTIFICA y se siguió la metodología impuesta por la **AOAC 920.39 (1920)** donde se colocaron en vasos pequeños los cartuchos de celulosa que contenían los filtros con las muestras y se taparon con algodón. Para la extracción se empleó hexano como solvente y se dejó hervir durante aproximadamente 30 minutos para permitir que la grasa se disolviera en él. Posteriormente, se lavó por otros 30 minutos más el reflujo, recogiendo el hexano y dejando solo las muestras. Luego, se extrajeron los cartuchos de los vasos y se llevaron a una estufa a 103 °C por 30 minutos. Después, se enfriaron en un desecador hasta alcanzar temperatura ambiente y se pesaron. Para la determinación del contenido de grasa se empleará la siguiente ecuación:

$$\boldsymbol{G} = \frac{(m_2 - m_1)}{m} * 100$$

Ecuación (10).

Donde:

$\boldsymbol{G}$: contenido de grasa, en porcentaje de masa.

$\boldsymbol{m}$: masa de la muestra (g).

$\boldsymbol{m_1}$: masa del vaso vacío (g).

$\boldsymbol{m_2}$: masa del vaso con grasa (g).

Ceniza

El método para determinar el contenido de cenizas se basó en los lineamientos establecidos en la norma **NTE INEN 520 (2012)** se colocó 1 g de harina cuidadosamente en un crisol de porcelana y se registró el peso exacto de la muestra. Luego se colocó el crisol en una mufla y la muestra se calentó a 550 °C por 30 min. Una vez finalizado el proceso de combustión, el crisol se retiró del horno y se dejó enfriar en un desecador. Luego se pesó el crisol junto con las cenizas resultantes y se registró el peso. El porcentaje de cenizas en una muestra de harina se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$\mathbf{C} = \frac{100 * (m_3 - m_1)}{(100 - H)(m_2 - m_1)}$$

Ecuación (11).

Donde:

$\boldsymbol{C}$: contenido de ceniza, en porcentaje de masa.

$\boldsymbol{m_1}$: masa del crisol vacío (g).

$\boldsymbol{m_2}$: masa del crisol con grasa (g).

$\boldsymbol{m_3}$: masa del crisol con las cenizas (g).

$\boldsymbol{H}$: porcentaje de humedad en la muestra.

Proteína

La determinación de proteína en los tres tratamientos se realizó mediante el método de Dumas, siguiendo la metodología descrita por **Núñez (2024)** con algunas adaptaciones. En primer lugar, se verificaron los ajustes del equipo, como la temperatura del reactor de combustión a 1030 °C, la del reactor de reducción a 650 °C, y los caudales de Helio en los MFCI y MFC2 a 190 ml/min y 220 ml/min respectivamente. Se preparó el sistema con 2 EDTA estándar y de 2 a 3 láminas de estaño vacías, verificando la calibración con pruebas estándar. Las muestras se prepararon por duplicado para cada tratamiento, pesando aproximadamente 0.1 mg de harina en papel aluminio con una espátula, se cerraron y se formaron cápsulas compactas.

Las muestras fueron analizadas en el equipo de cuantificación de proteína marca VELP SCIENTIFICA. Primero, en un reactor de combustión, las muestras sólidas fueron quemadas y convertidas en gas a 1030 °C, generando dióxido de nitrógeno (NO_2), dióxido de carbono ($C0_2$), oxígeno y agua que interfieren en el análisis. Se emplearon trampas de agua y un colector de cenizas para eliminar los productos no deseados. Luego, con una corriente de gases impulsados por helio, se dirigieron hacia un segundo reactor de reducción con cobre a 650 °C, que redujo el dióxido de nitrógeno a nitrógeno elemental, clave en la cuantificación de proteína. Se colocó una trampa de agua y un colector para eliminar el agua y el dióxido de carbono residuales. Finalmente, las muestras pasaron por un último detector, el cual encontró la señal de nitrógeno contenido en las muestras por diferencias entre el flujo inicial y final de helio. El porcentaje de proteína fue obtenido del equipo calculado mediante un factor de conversión 6.25.

Carbohidratos

La determinación de los carbohidratos se basó en la ecuación impuesta por **Carberry (2023)** con la cual se obtuvo el resultado en porcentaje:

$$\%\mathbf{C} = 100 - (\%proteina + \%grasa + \%humedad + \%cenizas + \%fibra)$$

Ecuación (12).

2.2.2 Identificación de las propiedades tecnológicas de la harina para aplicaciones en productos alimenticios.

Las propiedades tecnológicas se determinaron en los laboratorios de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología (FCIAB) a excepción del almidón y amilosa que fueron analizados en el Laboratorio de Servicio de Análisis e Investigación de Alimentos, Departamento de Nutrición y Calidad Estación Experimental Santa Catalina-INIAP, de acuerdo con las metodologías descritas a continuación:

Capacidad de retención de agua (CRA)

Basada en la metodología de **Umaña et al. (2010)** se pesó 1 g de harina en un tubo de ensayo y se colocó 30 ml de agua destilada, se agitó y se dejó hidratar durante 18 horas, luego se centrifugó 2000 rpm por 30 minutos. El volumen del sobrenadante se midió después de la centrifugación, para determinar la CRA se aplicó la siguiente ecuación:

$$\boldsymbol{CRA} = \frac{V_s - V_o}{m_o}\left[\frac{ml}{g}\right]$$

Ecuación (13).

Donde:

$\boldsymbol{CRA}$: Capacidad de retención de agua (ml/g)

$\boldsymbol{V_s}$: volumen de sobrenadante (ml).

$\boldsymbol{V_o}$: volumen inicial de la muestra (ml).

$\boldsymbol{m_o}$: masa inicial de la muestra (g).

Capacidad de hinchamiento (CH)

La capacidad de hinchamiento se basó en la metodología dispuesta por **Umaña et al. (2010)** se pesó 2.5 g de la muestra de harina y se colocó en una probeta graduada después se agregó 30 ml de agua destilada, posterior a ello se agitó suavemente y se dejó reposar por 24 horas a temperatura ambiente lo que permitió una hidratación de la muestra. Finalmente, se medió el volumen final que ocupo la muestra al fondo. Con los datos obtenidos se aplicó la siguiente ecuación:

$$\boldsymbol{CH} = \frac{V_f}{m}\left[\frac{ml}{g}\right]$$

Ecuación (14).

Donde:

$\boldsymbol{CH}$: Capacidad de hinchamiento (ml/g)

$\boldsymbol{V_f}$: volumen final (ml)

$\boldsymbol{m}$: peso de la muestra (g)

Capacidad de retención de aceite (ORC)

Se determinó, según lo expuesto por **Pineda-Vargas et al. (2020)** se pesó 0.5 g de harina y se colocó 5 ml de aceite comercial y se agitó por 30 minutos, después se centrifugó a 4750 rpm por aproximadamente 30 minutos. Finalmente, se medió el sobrenadante y se registró para aplicar la siguiente ecuación:

$$\boldsymbol{ORC} = \frac{V_s - V_o}{m_o}\left[\frac{ml}{g}\right]$$

Ecuación (15).

Donde:

$\boldsymbol{ORC}$: Capacidad de retención de aceite (ml/g)

$\boldsymbol{V_s}$: volumen de sobrenadante (ml).

$\boldsymbol{V_o}$: volumen inicial de la muestra (ml).

$\boldsymbol{m_o}$: masa inicial de la muestra (g).

Capacidad espumante (CE)

Para determinar la capacidad espumante se siguió los lineamientos de **Pineda-Vargas et al. (2020)** se pesó 1 g de harina y se agregó 25 ml de agua destilada, todo esto en un tubo de ensayo y se agitó por 5 min. Después se pasó el resultante de la espuma a una probeta y se medió el volumen (inicial), se esperó 30 segundos y se volvió a medir el volumen (final). Para obtener el resultado se aplicó la siente ecuación:

$$\boldsymbol{CE} = \frac{V_f - V_o}{m_o} * 100$$

Ecuación (16).

Donde:

$\boldsymbol{CE}$: Capacidad espumante en porcentaje.

$\boldsymbol{V_f}$: volumen de espuma final (ml).

$\boldsymbol{V_o}$: volumen de espuma inicial (ml).

Almidón y amilosa total

Para determinar el porcentaje de almidón y amilosa se trasladó aproximadamente 300 g de harina por cada tratamiento, al Laboratorio de Servicio de Análisis e Investigación en Alimentos del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Estación Experimental Santa Catalina ubicado en la ciudad de Quito, de acuerdo con los siguientes métodos:

Tabla 5.

Métodos utilizados para la determinación de almidón y amilosa en harina de cidrayota

Análisis	Método interno	Método de referencia
Almidón	MO-LSAIA-04	Morrison y Laignelet 1983
Amilosa	MO-LSAIA-04	Morrison y Laignelet 1983

Nota: Laboratorio de Servicio de Análisis e Investigación en Alimentos del INIAP.

Morrison & Laignelet (1983) describen métodos para la determinación de almidón y amilosa en harinas. Para almidón, se tomó una muestra de harina de cidrayota y se colocó en un vaso de precipitación. Luego, se agregó agua caliente y se mezcló hasta obtener una pasta. Se procedió a calentar la mezcla para gelatinizar el almidón presente en la muestra y luego extraerlo en agua. Posteriormente, se adicionó ácido clorhídrico (HCl) para descomponer la matriz proteica y liberar los granos de almidón. Finalmente, se añadió etanol para que el almidón precipitara, se filtró y se lavó con más etanol para eliminar impurezas.

Para obtener la amilosa de la muestra de almidón, se procedió a tratarla con etanol al 95% que posteriormente fue calentado para poder disolver todo el componente de amilosa. Una vez disuelta, se precipitó la amilosa enfriando la solución con un baño de hielo. La amilosa precipitada se recolectó mediante filtración y se secó. Posteriormente, la amilosa seca se hidrolizó con HCl para descomponerla en sus unidades de glucosa. Finalmente, se cuantificó la glucosa mediante un método colorimétrico con ácido fenol-sulfúrico para determinar la cantidad de amilosa presente en la muestra de almidón **(Morrison & Laignelet, 1983)**.

CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis y discusión de resultados

3.1.1 Obtención de harina a partir del fruto de cidrayota (Sechium edule (Jacq.) Sw.) variando las temperaturas en el método de secado.

Se adquirieron alrededor de 10 kg de cidrayota (*Sechium edule* (Jacq.) Sw) de la variedad *Virens levis* en el mercado central del cantón Baños. Antes de obtener la harina, se midieron de estos frutos los sólidos solubles, la acidez y el índice de madurez de estos frutos, como se muestra en la Tabla 6. Se registró la presencia de 4.92 °Brix de sólidos solubles y un 0.049 % de ácido cítrico, en comparación con los resultados obtenidos por **Mejía-Doria, Orozco-Parra, Hernando, & Rodriguez-Barona (2019)** quienes obtuvieron 5.03 °Brix y 0.017 de acidez así mismo, **Moreira (2018)** reportó valores de 2.53 – 3.90 °Brix y 0.030-0.032 de acidez, al igual que **Roldán-Herrera, Llanos-Muñeton, García-Alzate, & Mejía-Lotero (2018)**, con valores de 4.9 °Brix y 0.05 de acidez para frutos similares de cidrayota fresca. Estos resultados indican que los sólidos solubles y el porcentaje de acidez están dentro de los rangos aceptables para este producto, ya que, a mayor cantidad de sólidos solubles, menor será la acidez. En cuanto al índice de madurez, se obtuvo un valor de 100.41, similar al reportado por **Ferrer (2020)** con 129.61 y **Moreira (2018)** con valores de 84.469 -132.534 para cidrayota (*Sechium edule*) cosechada en el cantón Baños, con lo cual se evidencia que tienen valores similares. Estos parámetros varían según la variedad, el tipo de cultivo, zona y la estación del año en la que se encuentren los frutos.

Tabla 6.

Valores de sólidos solubles, acidez e índice de madurez en los frutos de cidrayota

Muestras	Sólidos Solubles (°Brix)	Acidez (% ácido cítrico)	Índice de Madurez (°Brix/Acidez)
Cidrayotas	4.92 ± 0.3	0.049± 0.02	100.41± 0.2

Nota: Los valores son la media de n= 3 mediciones tomadas al azar ± desviación estándar.

El rendimiento de una harina se refiere a la cantidad de producto útil que se obtiene a partir de una materia prima, en este caso del fruto de cidrayota. Según los resultados presentados en la Tabla 7, se observa una

diferencia significativa ($p<0.05$) en el porcentaje de rendimiento entre el tratamiento H3(60 °C), que obtuvo un 11.39% y los tratamientos H1(40 °C) con un 12.16% y H2(50 °C) con 12.02 %. Otros estudios han reportado valores similares, como **Cedeño & Zambrano (2014)** con un 12.65% de rendimiento para harina de piña, **Díaz (2022)** con un 15. 16% para harina de cáscara de mango, pero también se han discrepado en valores como el de **Escobar, Asanza, Herrera, & González (2016)** que obtuvieron un rendimiento de 30% y 25 % para harina de chontaduro y papa china respectivamente, al igual que **Lavado, Yenque, & Robles (2012)** con 25% para harina de lúcuma, y **Guevara & Torres (2015)** que registraron un rendimiento de 6.88% en harina de guayaba. El rendimiento de una harina puede verse influenciado por varios factores como la fuente de la materia prima (cereales, leguminosas, tubérculos, semillas, frutas y hortalizas), la calidad de la materia prima, el proceso de secado y molienda, la proporción de la pulpa y la cáscara, el grado de refinamiento, ente otros factores.

Tabla 7.

Rendimiento de la harina de cidrayota Sechium edule (Jacq.) Sw *de la variedad virens levis en los tres tratamientos*

	Tratamientos		
	H1(40 °C) /24 h	**H2(50 °C) /24 h**	**H3(60 °C) /24 h**
Peso fruto (g)	6239 ± 46.10 [a]	6273 ± 51.40 [a]	6245 ± 55.12 [a]
Peso cáscara (g)	842 ± 13.21 [a]	852 ± 18.87 [a]	848 ± 14.11 [a]
Peso desperdicios (g)	137 ± 0.0 [a]	142 ± 0.0 [a]	121 ± 0.0 [a]
Peso de la harina (g)	758.64 ± 0.0 [a]	753.93 ± 0.0 [a]	711.16 ± 0.0 [b]
Rendimiento (%)	12.16 ± 0.0 [a]	12.02 ± 0.0 [a]	11.39 ± 0.0 [b]

Nota: Los valores son la media de n= 30 mediciones (se utilizó 10 cidrayotas para obtener la harina por cada tratamiento) ± desviación estándar. Los superíndices (a, b y c) señalan la diferencia significativa entre las filas de pH, acidez y densidad evaluados con una prueba de Tukey y una confianza de 95%.

3.1.2 Propiedades fisicoquímicas y nutricionales de la harina obtenida del fruto de cidrayota (Sechium edule (Jacq.) Sw.).

Propiedades físicas de la harina de cidrayota

El pH de las harinas de cidrayota se presenta en la Tabla 8, con una diferencia significativa ($p<0.05$) en todos los tratamientos. Para la harina H1(40 °C) se obtuvo un pH de 6.78, siendo mayor en comparación a los otros dos tratamientos, que presenta un pH de 6.68 para H2(50 °C) y un pH de 6.63 en H3(60 °C). Al igual que en otras investigaciones, los valores de pH para **Garcia-Pacheco, Cabrera, & Fuenmayor (2020)** fueron de 6.03 en harina de calabacita amarilla y 6.57 en harina de frijol, mientras que **Quintero & Zambrano (2011)** reportaron pH de 5.93 a 6.21 para harina de cidrayota. Los valores de pH antes mencionados, según **Bressani, Turcios, Reyes, & Mérida (2010)** están dentro de lo permitido, puesto que el pH en harinas de origen vegetal debe encontrarse en un rango de 6 a 6.8, lo que evitará un crecimiento microbiano.

La acidez titulable de la harina de cidrayota se mide en porcentaje del ácido cítrico. Los resultados que se indican en la Tabla 8 muestran una diferencia significativa en la harina H1(40 °C) en comparación con los otros tratamientos. Para la harina H1(40 °C) se reporta un valor de 0.029 %, mientras que los otros dos tratamientos oscilan entre 0.032 y 0.038 %. El aumento de temperatura en la obtención de harinas poco convencionales puede afectar indirectamente la actividad enzimática de las amilasas presentes en la harina, influyendo en el porcentaje del contenido de ácidos orgánicos que se encuentran principalmente en frutas y hortalizas como lo son el ácido málico y el ácido cítrico **(Angulo Arias, De Souza Silva, Augustus de Oliveira, & Matta Fakhouri, 2018)**. En este sentido **Salazar et al. (2021)** en su trabajo aclara que la estabilidad de las harinas está relacionada con el porcentaje de acidez, que no debe exceder el 2%, para evitar afectar la textura y el sabor del producto final. En este caso, los tres tratamientos presentan niveles de acidez por debajo del límite recomendado, lo cual indica una buena calidad en la harina obtenida.

Tabla 8.

Valores de pH, acidez titulable y densidad aparente de las harinas de cidrayota obtenidas a partir de tres temperaturas diferentes

	Tratamientos		
Parámetros	**H1(40 °C)**	**H2(50 °C)**	**H3(60 °C)**
pH	6.8 ± 0.0^{a}	6.68 ± 0.0^{b}	6.63 ± 00^{c}

	Tratamientos		
Parámetros	**H1(40 °C)**	**H2(50 °C)**	**H3(60 °C)**
Acidez Titulable (% ácido cítrico)	0.029 ± 0.0 [a]	0.032 ± 0.1 [b]	0.038 ± 0.01 [b]
Densidad aparente (g/cm^3)	0.65 ± 0.0 [a]	0.69 ± 0.0 [b]	0.76 ± 0.0 [c]

Nota: Los superíndices (a, b y c) señalan la diferencia significativa entre las filas de pH, acidez y densidad evaluados con una prueba de Tukey y una confianza de 95%.

Por otra parte, en la Tabla 8 se exhiben los resultados obtenidos de la densidad aparente que presentan una diferencia significativa ($p<0.05$) en los tres tratamientos. La harina H3(60 °C) registro el valor más alto de densidad aparente con 0.76 g/cm³, seguida de la H2(50 °C) con 0.69 g/cm³ y la H1(50 °C) con 0.65 g/cm³. Estos valores son similares a los reportados por **Ortega (2016)** en harina de banano de rechazo (0.73 – 0.83 g/cm³), **Morales et al. (2017)** en harina de frijol (0.72 – 0.75 g/cm³), **Ocaña (2019)** en harina de camote morado (0.62 g/cm³), papa china (0.60 g/cm³), mashua (0.65 g/cm³), oca (0.71 g/cm³), achira (0.63 g/cm³), choco (0.47 g/cm³) y zanahoria blanca (0.67 g/cm³). Según **Merlino et al. (2022)**, la densidad aparente de una harina indica en peso de la muestra de harina, que puede estar contenida en un volumen fijo y puede verse afectada por el tamaño de partícula y la porosidad interna. Por lo tanto, la granulometría más fina de la harina H3(60 °C) con respecto H1(40 °C) justifica las variaciones de 0.65 – 0.76 g/cm³ en la densidad. Además, la temperatura de obtención de harina influye en la densidad aparente produciendo cambios en la composición y en la compactación de la harina, ya que las harinas obtenidas a temperaturas elevadas se compactan intensamente aumentando su densidad en comparación a las harinas obtenidas a temperaturas más bajas **(Guadalupe, 2022)**. Con respecto a la densidad aparente, los tres valores se consideran ideales en harinas (0.50 a 0.75 g/cm³), pero el tratamiento H2 (50 °C), es considerada la más. Esto se debe a que su valor medio lo hace adecuado para aplicaciones donde se requiere una harina más o menos compacta, ideal para productos que requieren una textura ligera o esponjosa como panes o pasteles o en masas que deben expandirse durante la cocción rentable **(Garcia-Pacheco, Cabrera, & Fuenmayor, 2020)**.

Tamaño de partícula (granulometría)

La determinación del tamaño de partícula de los tres tratamientos permitió calcular el porcentaje de retención de harina en cada malla de los cuatro tamices utilizados, tal como se muestra en la Tabla 9 y en la Figura 7. En este proceso, se observó que para la harina H2 (50° C) y la H3 (60° C), hubo mayor porcentaje de retención en el tamiz N.º 100, con valores de 56.09% y 57.46% respectivamente, lo que indica que el tamaño de partícula de estas harinas es de 180 µm. En caso de la harina H1 (40° C), se registró un 53.02% de retención en el tamiz N.º 80, lo que se deduce un tamaño de partícula de 424 µm. Resultados similares se reportaron en un estudio realizado por **Chuqui-Diestra & Paucar-Menacho (2021**) en muestras de harina de cáscara de maracuyá, con un porcentaje de retención de 74.91% en un tamiz de 60 mesh y 52.04% en un tamiz de 100 mesh. Además, mencionaron que al usar tamices con tamaños de partícula de 250 µm (tamiz N.º 60) y debajo de ellas, se puede considerar que la harina es adecuada para la sustitución en productos alimenticios.

Tabla 9.

Porcentajes de retención en el tamizaje de las harinas de cidrayota obtenidas a partir de tres temperaturas diferentes

Tamiz		**Porcentaje de retención**		
(No.) mesh	**Malla/ Tamaño de partícula (µm)**	**H1 (40° C) (%)**	**H2 (50° C) (%)**	**H3 (60° C) (%)**
40	425	1.23 ± 0.0	0.43 ± 0.0	0.42 ± 0.1
80	180	53.02 ± 0.1	7.31 ± 0.2	10.82± 0.1
100	150	17.99 ± 0.2	56.09 ± 0.1	57.46 ± 0.1
140	106	10.37 ± 0.0	19.16 ± 0.3	23.65 ± 0.3
Base	0	17.49± 0.1	17.01 ± 0.1	7.65 ± 0.0
Total		100	100	100

Nota: Los valores son la media de 3 repeticiones ± desviación estándar.

Con base a la norma **CODEX STAN 152 (2021)** menciona que la partícula de la harina de trigo debe pasar un 98% o más de la harina a través de un tamiz (N.º 70) de 212 µm, por lo tanto, los tres tratamientos

cumplen con la norma antes mencionada con valores de (98.77%, 99.57% y 99.58) para los tres tratamientos.

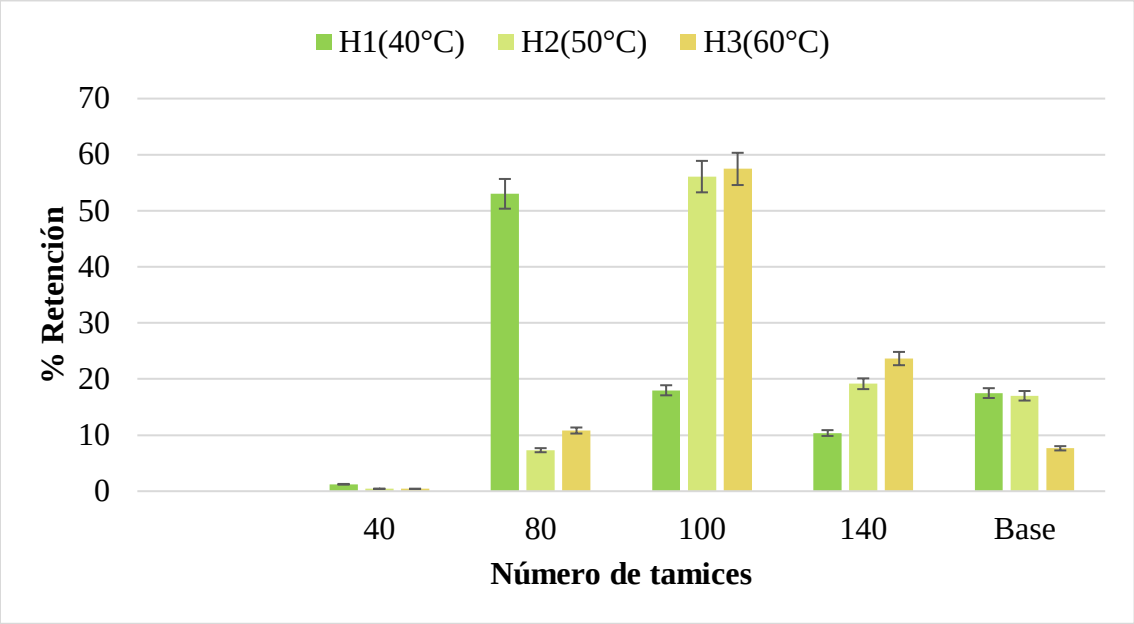


Figura 7. Clasificación del tamaño de partícula en los tres tratamientos en función del porcentaje (%) de retención de harina en cada tamiz.

Por otro lado, en la Figura 8 se muestra el módulo de finura de las harinas de cidrayota. Se observa una diferencia significativa ($p<0.05$) entre la harina H1 (40 °C) y las harinas H2 (50 °C) y H3 (60 °C), las cuales presentan una finura similar. Según **Espinoza & Quispe (2013)**, el módulo de finura se clasifica en tres rangos: finas (0-2), medias (2-4) y gruesas (más de 4). Por lo tanto, las harinas H2 (50 °C) y H3 (60 °C) con valores de módulo de uniformidad de 1.55 y 1.72 respectivamente se consideran finas por encontrarse en el rango de 0-2, mientras que la harina H1 (40 °C) al tener 2.11 se clasifica como media al estar en el rango de 2-4. En una investigación realizada por **Ortega, (2016)** se encontró que la mayor parte de harina obtenida a partir de banano de rechazo es fina, ya que su módulo de finura se encuentra entre 1.07 y 1.71 en todos sus tratamientos. Las harinas H2 (50 °C) y H3 (60 °C), al ser finas, son adecuadas para productos que requieren una textura más suave y delicada, como pasteles, galletas y algunos tipos de panes ligeros **(Espinoza & Quispe, 2013)**. También se utiliza en la repostería para hacer masas más finas y quebradizas. Por otro lado, la harina H1 (40 °C), al ser una harina media, es ideal para panes más densos, panecillos, pizzas y productos horneados que necesitan una estructura más firme pero no tan pesada como la proporcionada por la harina gruesa **(Espinoza & Quispe, 2013)**.

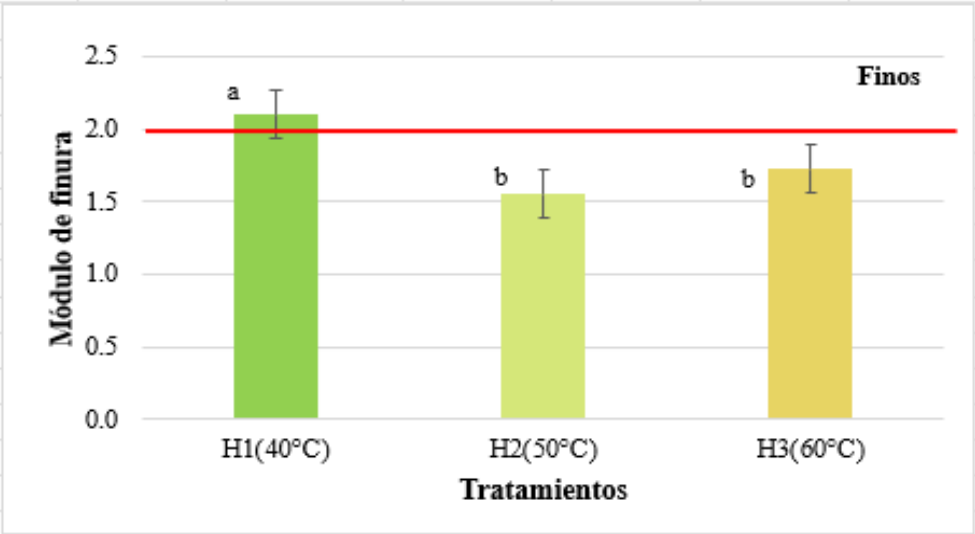


Figura 8. Módulo de finura de las partículas de las harinas de cidrayota. Las letras (a, b y c) señalan la diferencia significativa entre los tres tratamientos

Según **Ortega (2016)** el módulo de uniformidad se refiere a la variabilidad en el tamaño de las partículas. Aunque no exista un valor de uniformidad definido, se considera que valores menores a 3 clasifican a las harinas como muy uniformes y valores mayores a 3 como uniformes. En la Figura 9 con una diferencia significativa ($p<0.05$). Entre los tres tratamientos, donde las harinas H2 (50° C) y H3 (60° C) son muy uniformes en comparación a la H1 (40° C), siguiendo los resultados obtenidos por **Manobanda (2017)** con una harina de amaranto uniforme y harinas de arroz, garbanzo, choclo y papas muy uniformes. Según **Astiz, Salinas, & Puppo (2023)** las harinas uniformes son preferidas para consistencia y control precisos en la producción industrial, mientras que las no tan uniformes pueden ofrecer texturas más rústicas y auténticas en panadería artesanal.

El módulo de finura y uniformidad puede variar de un tratamiento a otro debido a la temperatura, molienda y a la presencia de estructuras fibrosas en la cidrayota (celulosa, hemicelulosa y lignina), si la temperatura es elevada la harina tendrá menos humedad y las partículas serán más finas y muy uniformes, por lo contrario, si la temperatura es baja la harina será más pegajosa y menos uniforme **(Pineda-Vargas, Mejía-Doria, & Duque-Cifuentes, 2020).**

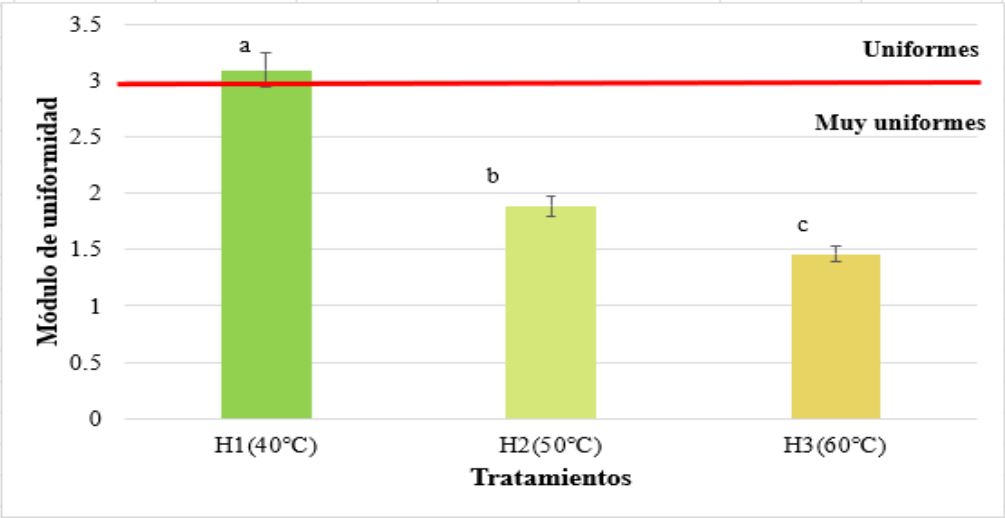


Figura 9. Módulo de uniformidad de las partículas de las harinas de cidrayota. Las letras (a, b y c) señalan la diferencia significativa entre los tres tratamientos.

Color

Los parámetros de color son fundamentales, ya que constituyen la primera impresión que percibe el consumidor al adquirir un producto, puesto que el color está asociado a la calidad del alimento **(Salazar et al., 2021)**. Los valores obtenidos en las coordenadas de CIELab se visualizan en la Tabla 10, revelando una diferencia significativa ($p<0.05$) entre los tratamientos, excepto en el parámetro b*(azul/ amarillo). La luminosidad (L*) de la harina H3(60 °C) es de 83.25, distinguiéndose de los otros dos tratamientos que tienen valores cercanos. Según **Toniolo Ibérica (2022)** la luminosidad indica la claridad, variando de 0% negro a 100% blanco. Los bajos valores de L* para H1(40 °C) y H2(50 °C), podrían deberse al pardeamiento enzimático (enzima fenol oxidasa) y no enzimático (reacción de Maillard y caramelización) durante el proceso de secado **(Guadalupe, 2022)**.

Por otra parte, **Toniolo Ibérica (2022)** menciona que el parámetro a* muestra tonalidades desde verde hasta rojo, indicando los valores negativos en a* colores verdes y los positivos rojos. De esta manera, se puede observar que la harina H1(40 °C) es más verdosa, con un valor de -4.3 en a*, seguida de H2(50 °C) con -2.3 y la harina H3(60 °C) mostrando inclinación hacia los tonos rojos con un valor de 1.6. La presencia de clorofila y compuestos sulfurosos son algunos de los pigmentos que pueden dar color verdoso a alimentos como coles, brócolis y chayotes, y al exponerse a temperaturas de 50 a 60 °C se desnaturalizan, deteriorando el color **(Acuña, Jara, Ah Hen, & Mathias, 2017)**. En cuanto al parámetro b*, que va desde azul a amarillo,

los valores negativos en b* indican los colores azules y los positivos amarillos **(Toniolo Ibérica, 2022)**. En este sentido, en los tres tratamientos no hubo variación significativa en los valores de b* (21.85 a 23.50) manteniendo inclinación hacia los colores amarillos.

La cromaticidad/pureza (C*) para la harina H3(60 °C) presenta un valor más elevado de 23.45, lo que la acerca a zonas más amarillas, en contraste con la harina H1(40 °C), la cual tiene un valor menor de 22.45 y tiende hacia zonas verdosas saturadas. Este parámetro puede variar debido a procesos de que ocurren en los azúcares, dando lugar a reacciones químicas como la de Maillard y caramelización, que sea producen al exponer los chayotes a temperaturas elevadas de deshidratación **(Ocaña, 2019; Pineda-Vargas et al., 2020).**

En cuanto al ángulo de tonalidad (H°), la harina H1(40 °C) tiene un valor de 100.8, mayor que la H2(50 °C) con 96.3 y la H3(60 °C) con 86.1. Según lo mencionado por **Salazar et al. (2021)** en su estudio, los ángulos de tonalidad que van de 44 a 92 en harinas de cultivos andinos indican un desplazamiento hacia tonos amarillos, mientras que los ángulos de 90 a 180 señalan una inclinación hacia tonos verdosos. Este hecho puede atribuirse a la temperatura y el tiempo de deshidratación, que provocan cambios en la permeabilidad de la membrana celular y, con ello, una migración de pigmentos naturales **(Acuña et al., 2017)**.

Tabla 10.

Parámetros de color: Luminosidad (L), tonalidades a* (verde/rojo), b* (azul/amarillo), cromaticidad/pureza (C*) y tono (°H) en las harinas de cidrayota*

	Tratamientos		
Parámetros	**H1(40° C)**	**H2(50° C)**	**H3(60° C)**
L*	80.40 ± 0.1 [b]	80.95 ± 0.5 [b]	83.25 ± 0.6 [a]
a*	-4.3 ± 0.0 [c]	-2.3 ± 0.1 [b]	1.6 ± 0.3 [a]
b*	22.45 ± 0.5 [a]	20.85 ± 1.1 [a]	23.50 ± 0.1 [a]
C*	22.85 ± 0.5 [a]	21.45 ± 0.4 [ab]	23.45 ± 0.1 [b]
°H	100.8 ± 0.2 [a]	96.3 ± 0.1 [b]	86.1 ± 0.7 [c]

Nota: Los superíndices (a, b y c) señalan la diferencia significativa entre los diferentes parámetros de color CIElab (L*, a, b, c, C* y °H) para los tratamientos, evaluados con una prueba de Tukey y una confianza de 95%.

Análisis Nutricional

Los resultados de los análisis nutricionales de las harinas de chayote se muestran en la Tabla 11, con una diferencia significativa ($p<0.05$) en los parámetros estudiados para los tres tratamientos. La humedad está directamente relacionada con la calidad de la harina, ya que un bajo contenido de agua previene la proliferación de microorganismos que aceleran su descomposición. Los valores de humedad obtenidos fueron los siguientes: para la harina H1(40 °C) fue de 14.14%, para la harina H2(50 °C) 12.54 % y para la H3(60 °C) 11.92%. Estos valores están dentro de los límites establecidos en el **CODEX STAN 152 (2021)** para harina de trigo, donde la humedad máxima permitida es de 15.5 %, además recomienda que las harinas tengan un menor contenido de humedad por factores como el clima, transporte y almacenamiento. **García-Pacheco et al. (2020)** reportaron valores similares de humedad con 12.0 y 12.1% para harina de calabacita amarilla y frijol, respectivamente. Sin embargo, se discrepó de **Pineda-Vargas et al. (2020)**, quienes obtuvieron resultados de humedad que oscilan entre 6.95 – 8.83% en harina de cidrayota. Esta diferencia de humedad puede estar relacionada con la temperatura y el tiempo de exposición de las muestras en el proceso de secado.

Tabla 11.

Análisis nutricional de las harinas de cidrayota obtenidas a partir de tres temperaturas diferentes

	Tratamientos		
Parámetros	**H1(40° C)**	**H2(50° C)**	**H3(60° C)**
Humedad (%)	14.14 ± 0.3^{a}	12.54 ± 0.2^{b}	11.92 ± 0.1^{c}
Proteína (%)	13.60 ± 1.0^{a}	9.97 ± 0.0^{b}	8.10 ± 0.1^{b}
Grasa (%)	0.62 ± 0.1^{a}	0.53 ± 0.0^{ab}	0.48 ± 0.0^{b}
Fibra cruda (%)	10.05 ± 0.4^{a}	8.40 ± 0.1^{b}	6.75 ± 0.2^{c}
Cenizas (%)	7.39 ± 0.6^{a}	6.20 ± 0.6^{ab}	5.33 ± 0.6^{b}
Carbohidratos (%)	54.20	62.36	67.42

Nota: Los superíndices (a, b y c) indican la diferencia significativa entre los tratamientos con respecto a las propiedades nutricionales, evaluados con una prueba de Tukey y una confianza de 95%.

Los valores de proteína muestran una diferencia significativa ($p<0.05$) entre la harina H1(40 °C) que contiene 13.60%, y las harinas H2(50 °C) y H3(60 °C), que poseen 9.97 % y 8.1% de proteína respectivamente. Esta variación en el porcentaje de proteína podría deberse al calor y a la fricción generada

en el proceso de obtención de la harina, ya que es probable que una harina obtenida a temperaturas más altas tenga un contenido ligeramente menor de proteína en comparación con una obtenida a temperaturas más bajas. Estudios realizados por **Quintero & Zambrano (2011)** revelan valores similares de 8.47 a 10.61% proteína para harina de cidrayota, mientras que **Mendoza, Barre, Vargas, & Zambrano (2019)** encontraron un 4.63% en harina de zapallo **y Morales et al. (2017)** reportaron 7.61%, 23.45% y 12.98 % de proteína en harina de maíz morado, arveja y salvado de avena respectivamente. La harina de cidrayota es rica en proteínas a pesar de no contener gluten, debido a su origen vegetal, al ser naturalmente rica en proteína como parte de su composición nutricional, o bien, debido al proceso de obtención de la harina **(Montalvo, 2023)**.

Los resultados del contenido de grasa de los tres tratamientos muestran una variación entre 0.63% para la harina H1(40 °C), 0.53% para H2(50 °C) y 0.48 % para la H3(60 °C), evidenciando una diferencia significativa ($p<0.05$) entre ellas. El contenido de grasa en la mayoría de los vegetales es bajo debido a que las plantas no necesitan grandes reservas de grasa; están diseñadas a almacenar agua, nutrientes, y su principal fuente de energía son los carbohidratos. Resultados similares fueron reportados por **Espitia-Pérez, Pardo-Plaza, & Montalvo-Puente (2013)** en harina de plátanos (0.36 a 0.64%), **Chuqui-Diestra & Paucar-Menacho (2021)** con 0.60% para harina de cáscara de maracuyá, **González, Moreno, & López (2020)** con 0.81% para harina de mashua, y **Quintero & Zambrano (2011)** con valores de 0.26% a 0.66% para harina de cidrayota. El contenido de grasa en una matriz alimentaria puede reducirse durante el secado a altas temperaturas, ya que algunos compuestos grasos pueden evaporarse o degradarse.

Los valores de fibra cruda obtenidos en las harinas muestran una diferencia significativa ($p<0.05$) en los tres tratamientos, con una variación entre 10.05% para H1(40 °C), 8.4 % para H2(50 °C) y 6.75% para H3(60 °C). La exposición de la celulosa y la hemicelulosa a altas temperaturas puede comenzar a descomponer estos componentes, lo que resulta en una ligera reducción en el contenido total de la fibra. En estudios similares**, Guerra Baños, Baños Dorantes, Luna-Jiménez, González-Cortés, & Jiménez-Vera (2020)** reportaron valores de 11.27 % para harina de naranja, **García, Aiello, Peña, Ruiz, & Acevedo (2012)** encontraron valores de 7.14% a 9.15 % para harina de arveja, **González et al. (2020)** reportaron 7.07% para harina de mashua, y **Mejía, Andrade, & Martínez (2016)** encontraron con 12.20% para harina de zapallo. El contenido de fibra cruda variará dependiendo de la fuente de la harina y la cantidad de celulosa, hemicelulosa y lignina al ser los principales componentes estructurales de las plantas.

Las cenizas en alimentos es un indicador del contenido general de los minerales; la presencia de cáscaras puede incrementar este valor en comparación con la pulpa sola. En las harinas de cidrayota varia notablemente el contenido de ceniza, registrando valores de 7.39% para la harina H1(40 °C), 6.20% para la H2(50 °C) y 5.33% para la H3(60 °C), con una diferencia significativa ($p<0.05$) entre tratamientos. Estudios previos como el de **Mendoza et al. (2019)** encontraron un contenido de ceniza del 6.59% en harina de zapallo, similar al reportado por **Angulo Arias et al. (2018)** para harina de cáscara de maracuyá de (6.99%), y por **Quintero & Zambrano (2011)** para harina de cidrayota con valores de 5.08 a 6.37%. La composición y cantidad de ceniza puede variar según factores como el tipo de suelo donde se cultiva la materia prima, las prácticas agrícolas empleadas y el procesamiento posterior de la harina.

El contenido de carbohidratos de las harinas de cidrayota se detalla en la Tabla 11, mostrando valores de 54.20%, 62.36% y 67.42 para las harinas H1(40 °C), H2(50 °C) y H3(60 °C), respectivamente. La alta concentración de carbohidratos en harinas vegetales se debe principalmente al debido al almidón, que actúa como forma principal de almacenamiento de energía en las plantas. Durante el proceso de molienda para la obtención de harina, se conserva gran parte de este almidón, lo cual contribuye a su contenido elevado de carbohidratos. **González et al. (2020)** reportaron resultados similares de 64.67% en muestras de harina de mashua, mientras que **Angulo Arias et al. (2018)** obtuvieron valores de 69.53% y 50.11 % para harina de naranja y maracuyá, respectivamente. Por otro lado, **Quintero & Zambrano (2011)** observaron valores más altos, con un contenido del 74.1% en harina de calabacita amarilla, lo cual podría deberse a condiciones ambientales y el estado de madurez de la materia prima utilizada para la producción de harina.

La harina de cidrayota, gracias a su perfil nutricional, puede ser beneficiosa en planes de alimentación para el control de peso, ya que proporcionan nutrientes esenciales sin añadir demasiadas calorías por grasa **(Lam, 2016)**. Además, al ser libre de gluten, es una opción adecuada para personas con intolerancia alimentaria, así como para dietas veganas o vegetarianas. Esta harina versátil se puede utilizar en la elaboración de una amplia gama de productos alimenticios, desde panes y repostería hasta productos horneados y bocadillos saludables, proporcionando texturas y sabores variados **(Montalvo, 2023)**.

3.1.3 Propiedades tecnológicas de la harina obtenida del fruto de cidrayota (Sechium edule (Jacq.) Sw.).

Propiedades tecnológicas

En la Tabla 12 se presentan los resultados de algunas propiedades tecnológicas en las harinas de cidrayota, que ofrecen información sobre la interacción de los componentes de la harina con el agua y el aceite. Estos resultados son clave para prever el comportamiento durante el procesamiento y la elaboración de productos, y revelan diferencias estadísticamente significativas ($p<0.05$) entre los tratamientos.

Tabla 12.

Propiedades tecnológicas de las diferentes harinas de cidrayota

	Tratamientos		
Propiedades tecnológicas	**H1(40° C)**	**H2(50° C)**	**H3(60° C)**
Capacidad de retención de agua (CRA) (g /g)	7.28 ± 0.1 ^{a}	7.53 ± 0.1 ^{b}	7.37 ± 0.1 ^{a}
Capacidad de hinchamiento (CH) (ml/g)	12.08 ± 0.2 ^{a}	12.20 ± 0.2 ^{b}	12.12 ± 0.2 ^{a}
Capacidad de retención de aceite (ORC) (g/g)	2.66 ± 0.2 ^{ab}	3.20 ± 0.2 ^{a}	2.26 ± 0.3 ^{b}
Capacidad espumante (CE) (%)	42.47 ± 0.5 ^{a}	51.94 ± 0.5 ^{b}	44.74 ± 0.5 ^{c}

Nota: Los superíndices (a, b y c) señalan la diferencia significativa de los tratamientos con relación a las propiedades tecnológicas, evaluados con una prueba de Tukey y una confianza de 95%.

La capacidad de retención de agua de las harinas de cidrayota, según la Tabla 12, muestra una diferencia significativa ($p<0.05$) entre el tratamiento H2(50 °C) con los otros dos los tratamientos. La harina H2(50 °C) que presenta la mayor capacidad de retención de agua, con un valor promedio de 7.53 g/g, notablemente superior a la H1(40 °C) y H3(60 °C), que registran 7.28 g/g y 7.37 g/g, respectivamente. Estos resultados son comparables con los obtenidos por **Pineda-Vargas et al. (2020)** quienes obtuvieron valores de 6.80 g/g para harina de cidrayota. En contraste, **García et al. (2012)** reportaron valores más

bajos de 2.70 a 3.85 g/g para harina de arveja, lo que sugiere diferencias significativas en la capacidad de retención de agua entre diferentes tipos de harinas. Estas variaciones pueden atribuirse a la estructura física y la interacción de los componentes de la harina, influenciadas por la temperatura de secado. Temperaturas más altas pueden afectar la estructura de la harina y su capacidad para retener agua **(Cabascango-Molina & de la Vega, 2018)**. Esta propiedad es crucial para la retención de humedad en productos horneados y para la estabilidad de mezclas alimentarias.

Para la capacidad de hinchamiento no se observan diferencias significativas entre las muestras H1(40 °C) y H3(60 °C), con valores promedio de 12.08 m/g y 12.12 ml/g respectivamente. En contraste, la harina H2(50 °C) presenta un valor ligeramente mayor de 12.20 ml/g. Esto sugiere que la temperatura de secado dentro del rango estudiado no afecta de manera significativa la capacidad de la harina para absorber agua y expandirse. Resultados similares fueron reportados por **López et al. (2016)** con valores de 11.12 y 10.44 ml/g en haría de arroz y zapallo, respectivamente. Sin embargo, **Toconás et al. (2023)** encontraron valores más bajos para harina de banana verde (2.7 a 3-7 ml/g). La capacidad de hinchamiento de una harina afecta la textura haciéndola más esponjosa y ligera, contribuye al volumen y retención de humedad de los productos, prolongando su frescura. En repostería sin gluten, compensa la falta de gluten, mejorando la estructura y textura de los productos finales.

Por otra parte, la muestra H2 (50 °C) muestra la mayor capacidad de retención de aceite, con un valor de 3.20 g/g, seguida por H1(40 °C) con 2.66 g/g y H3(60 °C) con 2.26 g/g. Esto puede indicar que la temperatura de secado influye en la capacidad de la harina para absorber y retener aceite, siendo más efectiva a 50°C. Estudios similares, como el de **Gallegos-Garza, Aguilar-Pérez, Guzmán-Díaz, Báez-González, & Amaya-Guerra (2018)**, muestran valores de 2.46 y 2.69 g/g en harina de cáscara y semillas de pepino, respectivamente, al igual que **García-Pacheco et al. (2020)** quienes obtuvieron valores de 1.8 a 2.04 g/g en harina de arveja. La muestra H2(50 °C) muestra una capacidad de retención de aceite comparable o superior a otras harinas vegetales estudiadas, lo cual es relevante para aplicaciones en frituras y empanizados donde se busca minimizar la absorción de aceite **(Guerra Baños, Baños Dorantes, Luna-Jiménez, González-Cortés, & Jiménez-Vera (2020)**.

Los valores de la capacidad espumante obtenidos en las harinas muestran una diferencia significativa ($p<0.05$) en los tres tratamientos, con una variación entre 42.47% para H1(40 °C), 51.94% para H2(50 °C) y 44.47% para H3(60 °C). Esto puede deberse a una temperatura ideal de secado, la cual puede mejorar la capacidad de la harina para formar y retener espuma. Resultados similares fueron presentados por **Pineda-**

Vargas et al. (2020), con valores de 33.3 a 66.6% para harina de cidrayota, a diferencia de los valores obtenidos por **Gallegos-Garza et al. (2018)** con 5.03 y 10.08% para harina de cáscaras de pepino. La capacidad espumante de la harina H2 (51.94%) es significativamente mayor comparada con H1 y H3, indicando un potencial para aplicaciones en la producción de productos horneados ligeros y esponjosos.

Almidón y amilosa

En cuanto al contenido de almidón y amilosa, los resultados mostraron una variación entre 55.52 a 59.22% para el almidón, y entre 24.03 a 25.85 % para la amilosa, con diferencias significativa ($p<0.05$) como se observa en la Tabla 13.

Tabla 13.

Contenido de almidón y amilosa total de las diferentes harinas de cidrayota

	Tratamientos		
Parámetros	**H1(40° C)**	**H2(50° C)**	**H3(60° C)**
Almidón total	55.52 ± 0.5 [a]	56.86 ± 0.5 [b]	59.22 ± 0.5 [c]
Amilosa total	24.3 ± 0.5 [a]	24.03 ± 0.5 [a]	25.82 ± 0.5 [b]

Nota: Los superíndices (a, b y c) indican la diferencia significativa entre los tratamientos respecto al contenido de almidón y amilosa, evaluados con una prueba de Tukey y una confianza de 95%.

Los valores de almidón total mostraron un aumento gradual a medida que aumentaba la temperatura de secado la harina H1 (40 °C) presentó el contenido más alto de almidón (55.52%), seguido por H2 (50 °C) con 56.86% y H3 (60 °C) con 59.22%. Este aumento puede deberse a que las temperaturas más altas durante el secado pueden llevar a una mayor concentración de almidón en la harina, posiblemente debido a una mayor extracción o retención de almidón durante el proceso de secado más intenso **(Trejo, Rodríguez, Reyes, Lizarazo, & Hernández, 2024)**. En trabajos similares, se ha mostrado un contenido de almidón más alto, como en el reportado por **Toconás et al. (2023)**, con 69.4 % y 73.5% para harina de banana en madura y verde, respectivamente. En otros estudios, se obtuvieron valores de almidón más bajo, entre 33.06% a 34.10% para harina de arveja **(Garcia-Pacheco et al., 2020)**. Harinas con alto contenido de

almidón son ideales para aplicaciones que requieren una buena capacidad de retención de agua y una estructura firme, como la panificación para la producción de panes voluminosos y de buena textura.

En cuanto al contenido de amilosa total, se observa que H3 (60°C) tiene el contenido más alto (25.82%), seguido por H1 (40°C) (24.3%) y H2 (50°C) (24.03%). La temperatura de secado también parece influir en la concentración de amilosa, aunque las diferencias no son tan pronunciadas como en el contenido de almidón. Esto podría indicar que la amilosa puede ser menos sensible a las variaciones de temperatura en comparación con el almidón (**Guiñazú, 2020)**. Resultados similares fueron presentados por **Hernández-Medina, Torruco-Uco, Chel-Guerrero, & Betancur-Ancona (2008)**, quienes reportaron contenidos de amilosa de 23.6%, 28.3% y 22.7% para harina de camote, maíz y achira, respectivamente. La amilosa puede influir en la capacidad de fermentación y en la textura del pan. Cantidades controladas de amilosa son deseables para mejorar la esponjosidad y la textura de los productos horneados.

3.1.4 Verificación de Hipótesis

Mediante el análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de significancia del 95%, se rechaza la hipótesis nula (Ho) y se acepta la hipótesis alternativa (Hi), por lo tanto, se puede afirmar que si existen diferencias significativas en las propiedades fisicoquímicas, nutricionales y tecnológicas de la harina de cidrayota obtenida a diferentes temperaturas en el método de secado.

CAPÍTULO VI. - CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- En la elaboración de harina de cidrayota (*Sechium edule* (Jacq.) Sw.), se observó que el índice de madurez se mantuvo dentro de rangos aceptables. Entre los tres tratamientos evaluados, la harina H1(40 °C) mostró un rendimiento ligeramente superior del 12.16%, en comparación con las harinas H2(50 °C) y H3(60 °C) con valores de 12.02% y 11.39%, respectivamente.

- Las propiedades fisicoquímicas y nutricionales de las harinas de cidrayota variaron notablemente con la temperatura de secado. Los tres tratamientos exhibieron características favorables para su conservación, con valores óptimos de humedad y pH. Además, presentaron un elevado contenido de carbohidratos, proteínas y fibra cruda y un bajo contenido de grasa. La harina H2(50 °C) destacó como el tratamiento más efectivo debido a sus buenos porcentajes de componentes nutricionales, así como en su granulometría y parámetros de color.

- Las propiedades tecnológicas de las harinas de cidrayota variaron significativamente con la temperatura de secado. La harina H2(50 °C) demostró ser la más efectiva en términos de capacidad de retención de agua y aceite, capacidad de hinchamiento y capacidad espumante. En cuanto al contenido de almidón y amilosa se observó un incremento gradual con la temperatura de secado, siendo la harina H3(60 °C) la que presento mayores niveles de amilosa.

4.2 Recomendaciones

- Realizar estudios de aceptabilidad sensorial para evaluar el sabor, olor y textura de la harina de cidrayota, así como de preferencia del consumidor, con el fin de determinar la viabilidad de utilizarla como ingrediente en el desarrollo de nuevos productos enriquecidos con la harina de cidrayota.

- Aplicar la harina de cidrayota en la formulación de alimentos, como en masas para panificación. Esto implica evaluar diferentes niveles de sustitución de la harina con harina de trigo y su combinación con otros ingredientes, para estudiar tanto el comportamiento como las propiedades nutricionales y organolépticas resultantes.

- Identificar los compuestos bioactivos presentes en la harina de cidrayota, tales como terpenos, polifenoles, carotenoides, fitoesteroles, antioxidantes, vitamina y minerales, mediante técnicas analíticas avanzadas.

BIBLIOGRAFÍA

Abera, G., Solomon, W. K., & Bultosa, G. (2017). Effect of drying methods and blending ratios on dough rheological properties, physical and sensory properties of wheat–taro flour composite bread. *Food Science and Nutrition*, *5*(3), 653–661. https://doi.org/10.1002/fsn3.444

Acuña, R., Jara, C., Ah Hen, K., & Mathias, K. (2017). Contenido y estabilidad de clorofilas y carotenoides en el zumo de lechuga (Lactuca sativa L.). *Agro Sur*, *45*(3), 11–20. https://doi.org/10.4206/agrosur.2017.v45n3-03

Adeyeye, S. A. O., Ashaolu, T. J., & Babu, A. S. (2022). Food Drying: A Review. *Agricultural Reviews*, (Of). https://doi.org/10.18805/ag.r-2537

Akonor, P. T., Tutu, C. O., Affrifah, N. S., Budu, A. S., & Saalia, F. K. (2023). Effect of Different Drying Techniques on the Functionality and Digestibility of Yellow-Fleshed Cassava Flour and Its Performance in Food Application. *Journal of Food Processing and Preservation*, *2023*. https://doi.org/10.1155/2023/1775604

Angulo Arias, L. V., De Souza Silva, V., Augustus de Oliveira, R., & Matta Fakhouri, F. (2018). Caracterización de subproductos agroindustriales: naranja y maracuyá. *Ingeniería y Región*, *20*, 59–66. https://doi.org/10.25054/22161325.1916

AOAC 920.39. (1920). *AOAC Official Method 920.39 Fat (Crude) or Ether Extract in Animal Feed*.

AOAC 930.15. (2000). Determinación de Humedad. Retrieved June 17, 2024, from SCRIBD website: https://es.scribd.com/document/414354060/M932-10

Araucaniadiario. (2021). Harinas No Convencionales: Alternativas saludables e innovadoras. Retrieved February 20, 2024, from Araucaniadiariocl website: https://araucaniadiario.cl/contenido/12016/harinas-no-convencionales-alternativas-saludables-e-innovadoras

Astiz, V., Salinas, M. V., & Puppo, M. C. (2023). Propiedades fisicoquímicas de harinas de trigo y avena de alta calidad panadera. *Revista de La Facultad de Agronomía*, *121*(2), 1–20. https://doi.org/10.24215/16699513e113

Avendaño, C., Cadena, J., Arévalo, Ma. de L., Campos, E., Cisneros, V., & Aguirre, J. (2010). *Las Variedades del chayote mexicano, recurso ancestral con potencial de comercialización*. Grupo

Interdisciplinario de Investigación en Sechium edule en México, A.C. (GISeM). Retrieved from www.krow-sc.com

Bressani, R., Turcios, J., Reyes, L., & Mérida, R. (2010). Caracterización física y química de harinas industriales nixtamalizadas de maíz de consumo humano en América Central. *ALAN*, *51*, 309–313. Retrieved from https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222001000300015#:~:text=Finalmente%20el%20pH%20de%20la,promedio%20de%206.31%20%C2%B1%200.64.

Burgos, E. (2019). *El Gluten*.

Cabascango-Molina, O., & de la Vega, J. (2018). *Manual de deshidratación*. Ibarra-Ecuador: Universidad Técnica del Norte (UTN, ECOPAR/ PPD).

Cadena, F., Arias, J. L., García, A., Rodríguez, G., & Cuevas, D. A. (2023). Caracterización tecnofuncional de harinas de trigo y X Triticosecale wittmack. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, *4*(1). https://doi.org/10.56712/latam.v4i1.524

Cadena, Jorge., & Arévalo, Ma. de L. C. (2010). *GISeM: Rescatando y Aprovechando los Recursos Fitogenéticos de Mesoamérica Volumen 1: Chayote* (Vol. 1). México: GISEM.

Cadena-Iñiguez, J., Aguiñiga-Sánchez, I., Uriostegui-Arias, M. T., Santiago-Osorio, E., Ruiz-Posadas, L. del M., & Soto-Hernández, M. (2022). Antiproliferative Effect of Sechium edule (Jacq.) Sw., cv. Madre Negra Extracts on Breast Cancer In Vitro. *Separations*, *9*(9). https://doi.org/10.3390/separations9090230

Calero, C. (2011). *Seguridad alimentaria en Ecuador desde un enfoque de acceso a alimentos* (Tesis de Maestría). Universidad Politécnica Salesiana, Quito.

Carberry, C. (2023). Ways to Calculate Carbs. Retrieved February 13, 2024, from wikiHow website: https://www.wikihow.com/Calculate-Carbs

Cedeño, J., & Zambrano, J. (2014). *Cáscaras de piña y mango deshidratadas como fuente de fibra dietética en producción de galletas* (Tesis (Pregrado)). Escuela Superior Politécnica Agropecuaria De Manabí Manuel Félix López.

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

Cisneros, V., Cadena, J., Avendaño, C., & Arévalo, Ma. de L. C. (2011). *GISeM: Rescatando y Aprovechando los Recursos Fitogenéticos de Mesoamérica Volumen 2: Chayote* (Vol. 2). México: GISEM.

CMI. (2023). Tipos de harina según su fuerza. Retrieved April 7, 2024, from Molinos Modernos en Línea website: https://gt.molinosmodernosenlinea.com/tipos_de_harina_segun_su_fuerza

CODEX STAN 152. *Norma para harina de trigo*., (2021).

Díaz, K. E., Castagnino, A. M., Rosini, M. B.., & Favazzo, M. E. (2021). Vegetable flour as a strategy for use and valorization-asparagus. Part II Particularities of the II range agribusiness of asparagus: flavoring flours and powders, preliminary studies-Review. *ASAHO*. Retrieved from http://id.caicyt.gov.ar/ark:/s18519342/pjn0405qrhttp://id.caicyt.gov.ar/ark:/s18519342/pj

Díaz, R. (2022). *Obtención de harina de cáscara de mango (Mangifera indica L.) Para el desarrollo de un producto de panificación con diferentes proporciones a escala laboratorio* (Tesis (Posgrado)). Universidad de San Carlos de Guatemala.

El Tiempo. (2005). La importancia de las harinas en nuestra alimentación. Retrieved April 7, 2024, from https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-1621477#:~:text=Las%20harinas%20prestan%20una%20gran,%2C%20pasteles%2C%20galletas%20y%20arepas.&text=Con%20el%20t%C3%A9rmino%20de%20tub%C3%A9rculos,%2C%20%C3%B1ame%2C%20arracacha%20y%20batata.

El Universo. (2023). Industria importa el 99 % del trigo para cubrir la demanda interna, consumo per cápita de los ecuatorianos ronda los 39 kg | Economía | Noticias | El Universo. Retrieved April 7, 2024, from El Universo, El Mayor Diario Nacional website: https://www.eluniverso.com/noticias/economia/industria-importa-el-99-del-trigo-para-cubrir-la-demanda-interna-consumo-per-capita-de-los-ecuatorianos-ronda-los-39-kg-nota/

Elichalt, M., Russo, M., Vázquez, D., Suburú, G., Tihista, H., & Godiño, M. (2017). Lípidos, sodio y fibra dietética en harina de trigo y pan artesanal en Uruguay: aporte nutricional según recomendaciones para distintos grupos de población. *Revista Chilena de Nutrición*, *44*(1), 71–78. https://doi.org/10.4067/S0717-75182017000100010

Escobar, J. A., Asanza, M., Herrera, B., & González, J. (2016). Caracterización físico-química de harinas de especies vegetales para la agroindustria ecuatoriana. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología*, *5*, 159–168.

Espinoza, C., & Quispe, M. (2013). *Manual De Tecnología De Cereales Y Leguminosas*. Huancayo.

Espitia-Pérez, P., Pardo-Plaza, Y., & Montalvo-Puente, A. (2013). Características del análisis proximal de harinas obtenidas de frutos de plátanos variedades Papocho y Pelipita (Musa ABB Simmonds). *ACTA AGRONÓMICA*, *3*, 189–195.

FDA. (2018). *Gluten y etiquetado de alimentos*. Estados Unidos.

Ferrer, Y. (2020). *"Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de almidón de cidrayota (Sechium edule) de la variedad virens levis en la calidad y vida útil de la fresa (Fragaria ananassa)"* (Tesis Pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Ambato.

Fito, P., Andrés, A., Barat, J., & Albors, A. (2001). *Introducción al secado de alimentos por aire caliente* (Primera). Valencia: Editorial de la UPV.

FPM. (2023). Flour Facts. Retrieved April 7, 2024, from FPM Cereal Milling Systems website: https://www.fpmsystems.com.au/flour-facts

Gallegos-Garza, M., Aguilar-Pérez, S., Guzmán-Díaz, D., Báez-González, J., & Amaya-Guerra, C. (2018). *Caracterización tecnofuncional de harinas obtenidas de la cascara y semillas de pepino (Cucumis sativus) y su aplicación en un alimento funcional RESUMEN* (Vol. 3).

Gamboa, M. (2005). *Produccion agroecologica: una opcion para el desarrollo del cultivo del chayote (sechium edule (jacq.) sw.) /* (1. ed.). San José: Edit. de la Universidad de Costa Rica.

García, K. (2019). El poder del chayote. Retrieved February 14, 2024, from El Poder del Consumidor website: https://elpoderdelconsumidor.org/2019/02/el-poder-de-el-chayote/

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

Garcia-Pacheco, Y. E., Cabrera, D., & Fuenmayor, C. A. (2020). Obtaining and characterizing composite flours from Cucurbita moschata D. And Cajanus cajan L as an alternative protein and vitamin A source. *Acta Agronomica*, *69*(2), 89–96. https://doi.org/10.15446/acag.v69n2.80412

González, M., Moreno, G., & López, S. (2020). Caracterización nutricional y funcional de la harina de mashua. *ConcienciaDigital*, *3*(3), 199–214. https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v3i3.1299

Guadalupe, V. (2022). *Estudio de las propiedades fisicoquímicas y nutricionales del pan de banano libre de gluten a partir de harina obtenida por liofilización y secado en bandejas* (Tesis de Postgrado). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil.

Guerra, E., Baños, M., 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). https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n6p12

Guevara, S., & Torres, E. (2015). *Temperatura y velocidad del aire en harina de guayaba (Psidium guajava) con máxima vitamina C*.

Guiñazú, C. (2020). *Harinas sin gluten de origen vegetal para el desarrollo de productos alimentarios. Aplicaciones, propiedades nutricionales y características funcionales* (tesis de máster). Universitat politecnica de Valencia, Valencia.

Hernández-Medina, M., Torruco-Uco, J., Chel-Guerrero, L., & Betancur-Ancona, D. (2008). Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. *Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas*, *28*(3), 718.

Holguín, P., & Alvarado, A. (2017). Comportamiento de la Producción de Harina de Trigo en Ecuador. *Revista Observatorio de La Economía Latinoaméricana.* Retrieved from http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/ec/2017/produccion-harina-trigo.html

Illanes, P. (2011). *Determinación de harina de trigo.* Huanta. Retrieved from https://baixardoc.com/preview/determinacion-de-acidez-en-harina-de-trigodoc-5c2e70cb9337f

ISO 6865. (2000). *Animal feeding stuffs-Determination of crude fibre content-Method with intermediate filtration*. Retrieved from www.iso.ch

Jahreis, G., Brese, M., Leiterer, M., Schäfer, U., Böhm, V., & Jena. (2016). Legume flours: Nutritionally important sources of protein and dietary fiber. *Ernährungs Umschau*. https://doi.org/10.4455/eu.2016.007

Klaus, J., & Karel, M. (2009). Physical and Chemical Characteristics of Flour. In *Flour Quality*.

Lam, F. (2016). *Guía Técnica del cultivo de tayota (Sechium edule)*. Santo Domingo. Retrieved from https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/2978/BVE17058902e.pdf;jsessionid=232E36D63715A9BB311DE9A9A285E095?sequence=1

Lavado, M., Yenque, J., & Robles, R. (2012). Estudio de rendimiento de harina de lúcuma a partir del fruto fresco. *Revista de La Facultad de Ingeniería Industrial*, *15*, 127–130.

Lira, R. (1996). *Chayote, Sechium edule (Jacq.) Sw. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops.* (Vol. 8). Roma: Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/International Plant Genetic Resources Institute.

López, N., Andrade, M., & Martínez, H. (2016). Harina de zapallo: caracterización y uso como ingrediente funcional en el desarrollo de espagueti. *Agronomía Colombia, 34*(0120–9965).

Luxbacher, K., & FASQuito. (2019). *Global Agricultural Information Network: Ecuador: Grain and Feed Annual*.

Manobanda, N. (2017). *Formulación y caracterización de un pan libre de gluten elaborado a partir de cultivos nativos del Ecuador* (Tesis (Pregrado)). Universidad Técnica de Ambato, Ambato.

Manuhara, G. J., Amanto, B. S., & Astuti, T. A. (2017). Effect of drying temperatures on physical characteristics of sorghum flour modified with lactic acid. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, *193*(1). Institute of Physics Publishing. https://doi.org/10.1088/1757-899X/193/1/012024

Mejía-Doria, C. M., Orozco-Parra, J., Hernando, I. M., & Rodriguez-Barona, S. (2019). Vacuum impregnation of Cidra matrices with lulo pulp, inulin and calcium to enhance its functional characteristics. *Información Tecnológica*, *30*(3), 211–218. https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000300211

Mendoza, F., Barre, R., Vargas, P., & Zambrano, L. (2019). Harina integral de zapallo (cucúrbita moschata) para alimento alternativo en la producción avícola. *CIENCIAMATRIA*, *5*(9), 668–679. https://doi.org/10.35381/cm.v5i9.256

Merlino, M., Tripodi, G., Cincotta, F., Prestia, O., Miller, A., Gattuso, A., … Condurso, C. (2022). Technological, Nutritional, and Sensory Characteristics of Gnocchi Enriched with Hemp Seed Flour. *Foods*, *11*(18). https://doi.org/10.3390/foods11182783

Montalvo, M. (2023). *Revisión bibliográfica de los beneficios nutricionales de la Cidra de reciente introducción en la alimentación ecuatoriana en el año enero 2022-febrero 2023* (Tesis). Universidad Internacional del Ecuador, Quito. Retrieved from https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/6070/1/UIDE-Q-TN-2023-10.pdf

Morales, N., Fajardo, G., Guatemala, G., Guevara, E., Gutiérrez, A., & Corona, R. (2017). Caracterización fisicoquímica de un alimento extruido tipo botana. *Academia Mexicana de Investigación y Docencia En Ingeniería Química*.

Moreira, R. (2018). *Caracterización morfológica y composición físico-química de la fruta Cidrayota (Sechium edule) de la variedad virens levis cultivada en los cantones Piñas (El Oro) y Baños (Tungurahua)* (Tesis). Universidad Técnica de Ambato, Ambato. Retrieved from https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/27307/1/AL%20659.pdf

Morrison, W. R., & Laignelet, B. (1983). An improved colorimetric procedure for determining apparent and total amylose in cereal and other starches. *Journal of Cereal Science*, *1*(1), 9–20. https://doi.org/10.1016/S0733-5210(83)80004-6

NTE INEN 517. (2012). *Norma Técnica Ecuatoriana INEN 517: Harina de origen vegetal. Determinación de tamaño de partícula*.

NTE INEN 520. (2012). *Norma Técnica Ecuatoriana INEN 520: Harinas de origen vegetal. Determinación de ceniza*.

NTE INEN 0521. (2013). Norma Técnica Ecuatoriana INEN 0521: Harinas de Origen Vegetal. Determinacion de La Acidez Titulable. Retrieved May 27, 2024, from SCRIBD website: https://es.scribd.com/document/653997386/nte-inen-521-determinacion-de-la-acidez-titulable-harinas-de-origen-vegetal

NTE INEN 526. (2012). Norma Técnica Ecuatoriana INEN 526: Harinas de origen vegetal. Determinación de pH. Retrieved May 27, 2024, from SCRIBD website: https://es.scribd.com/document/228282024/NTE-INEN-526-2012ph-de-Harina

NTE INEN 750. (2013). Norma Técnica Ecuatoriana INEN 750: Productos vegetales y de frutas-Determinación de acidez titulable (IDT). Retrieved June 16, 2024, from Academia. edu website: https://www.academia.edu/36881948/norma_t%c3%89cnica_ecuatoriana_nte_inen_iso_750_2013_productos_vegetales_y_de_frutas_determinaci%c3%93n_de_la_acidez_titulable_idt_primera_edici%c3%b3n

NTE INEN ISO 2173. (2003). NTE INEN ISO 2173: Productos hortofrutícolas-Determinación de sólidos solubles- Método Refractométrico. Retrieved June 16, 2024, from SCRIBD website: https://es.scribd.com/document/484709163/ISO-2173-EN-Espanol

Núñez, E. (2024). *Identificación de proteínas en concentrados de las semillas de sambo (Cucurbita ficifolia B.)* (Tesis Pregado). Universidad Técnica de Ambato, Ambato.

Ocaña, I. (2019). *Caracterización Fisicoquímica, Nutricional y Reológica De Cultivos Andinos Infrautilizados* (Tesis). Universidad Técnica de Ambato, Ambato. Retrieved from https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/30002

Olalekan, S., Joshua, T., & Surendra, A. S. (2022). Food Drying: A Review. *Agriculture Reviews*.

Oliva Artega, M. del M., Duque Cifuentes, A. L., & García-Alzate, L. S. (2018). Caracterización fisicoquímica del cereal y almidón de Quinua Chenopodium quinua. *Revista ION*, *31*(1), 25–29. https://doi.org/10.18273/REVION.V31N1-2018004

Ortega, J. (2016). *Estudio de las propiedades fisicoquímicas y funcionales de la harina de banano (Musa acuminata AAA) de rechazo en el desarrollo de películas biodegradables.* (Tesis). Universidad Técnica de Ambato, Ambato.

Parada, A., & Araya, M. (2010). El gluten. Su historia y efectos en la enfermedad celíaca. *Revista Med Chile*.

Pineda-Vargas, A. J., Mejía-Doria, C. M., & Duque-Cifuentes, A. L. (2020). Evaluation of the drying effect on some properties of chayote flour sechium edule (Jacq.) sw. *DYNA (Colombia)*, *87*(214), 191–195. https://doi.org/10.15446/DYNA.V87N214.72947

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

Quintero, M., & Zambrano, J. (2011). *Proceso de obtención de una harina de cidra papa (Sechium edule) y su caracterización físico-química*. Universidad del Valle, Santiago de Cali.

Raihan, M., & Saini, *. (2017). Evaluation of various properties of composite flour from oats, sorghum, amaranth and wheat flour and production of cookies thereof. In *International Food Research Journal* (Vol. 24).

Rojas-Sandoval, J. (2018). Sechium edule (chayote). Retrieved February 15, 2024, from CABI Compendium website: https://www.cabidigitallibrary.org/doi/10.1079/cabicompendium.49493

Roldán-Herrera, D. C., Llanos-Muñeton, Y. D., García-Alzate, L. S., & Mejía-Lotero, F. M. (2018). Formulación de encurtido a base de cidra sechium edule para la asociación de mujeres asmufare. *UGCiencia*, *23*, 28–29.

Salazar, D., Arancibia, M., Ocaña, I., Rodríguez-Maecker, R., Bedón, M., López-Caballero, M. E., & Montero, M. P. (2021). Characterization and technological potential of underutilized ancestral andean crop flours from ecuador. *Agronomy*, *11*(9). https://doi.org/10.3390/agronomy11091693

Santos, D., Lopes da Silva, J. A., & Pintado, M. (2022, January 15). Fruit and vegetable by-products' flours as ingredients: A review on production process, health benefits and technological functionalities. *LWT*, Vol. 154. Academic Press. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112707

Schmutz, P., & Hoyle, E. H. (2023). Drying Foods. Retrieved February 14, 2024, from Home & Garden Information Center website: https://hgic.clemson.edu/factsheet/drying-foods/#:~:text=Drying%20removes%20the%20moisture%20from,returns%20to%20its%20original%20shape.

Sifre, M. D., Peraire, M., Simó, D., Segura, A., Simó, P., La, P. T., & Pág, H. (2019). *La harina*. San Mateu.

Toconás, N. M., Villalva, F. J., Sajama, J. N., La Madrid, A. P. O., Ramón, A. N., Alcocer, J. C., … 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

Toniolo Ibérica, S. L. (2022). Medida del Color CIE L*a*b*. *Ti-Sytems*, Vol. 13.

Trejo, K., Rodríguez, G., Reyes, J., Lizarazo, C., & Hernández, C. (2024). Almidón, una plataforma versátil en la industria de alimentos. *Revista Boliviana de Química*, *41*(1), 44–51. https://doi.org/10.34098/2078-3949.41.1.6

Umaña, J., Álvarez, C., Lopera, S., & Gallardo, C. (2010). *Caracterización de harinas alternativas de origen vegetal con potencial aplicación en la formulación de alimentos libres de gluten*. Medellín.

Valencia-Mejia, E., Monribot-Villanueva, J., & Guerrero-Analco, J. (2022). Chayote: alimento mesoamericano benéfico para la salud humana. Retrieved February 15, 2024, from INEACOL website: https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/ct-menu-item-25/ct-menu-item-27/17-ciencia-hoy/1731-chayote-alimento-mesoamericano-benefico-para-la-salud-humana

Villar, N., Martín, M., & Albors, A. (2021). *Propiedades físicas, funcionales y químicas de harina obtenida a partir de semillas de quinua* (Máster). Instituto de Ingeniería de Alimentos para el Desarrollo, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.

ANEXOS

Anexo 1. Obtención de la harina de cidrayota














Anexo 2. Caracterización físico-química, nutricional y tecnológica de la harina de cidrayota

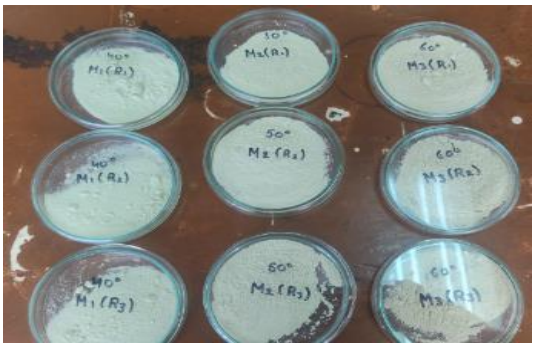


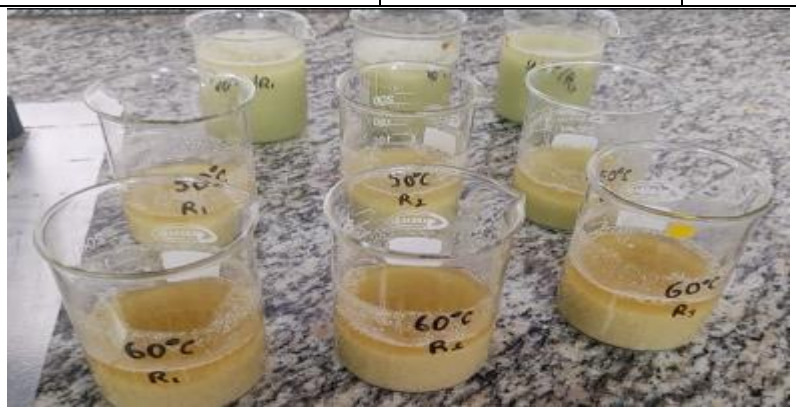
















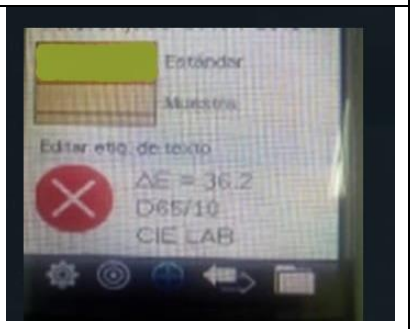


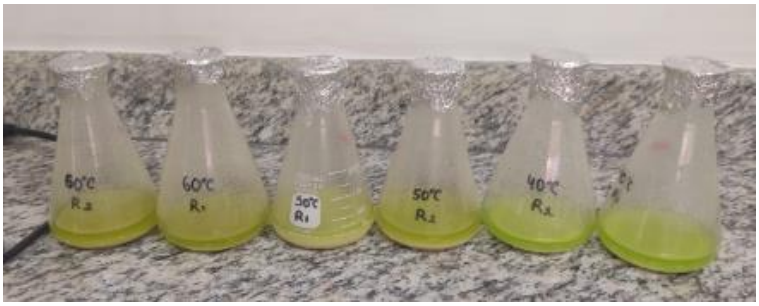









Estándar
Muestra
Editar etiq. de texto
ΔE = 36.2
D65/10
CIE LAB

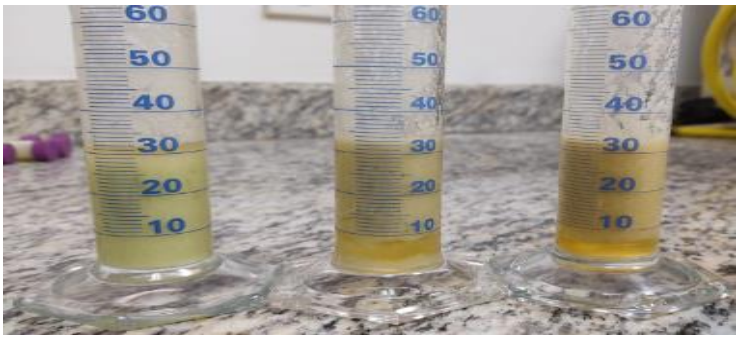

50°C
60°C
50°C
50°C
40°C



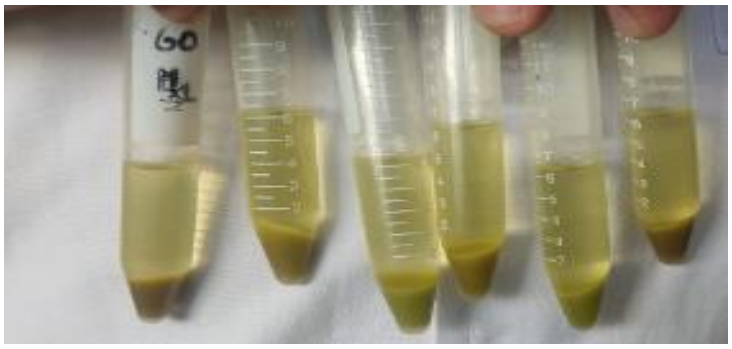




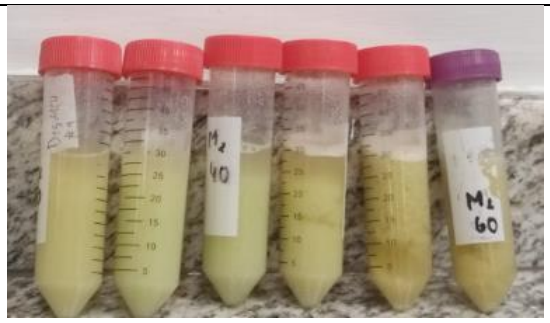


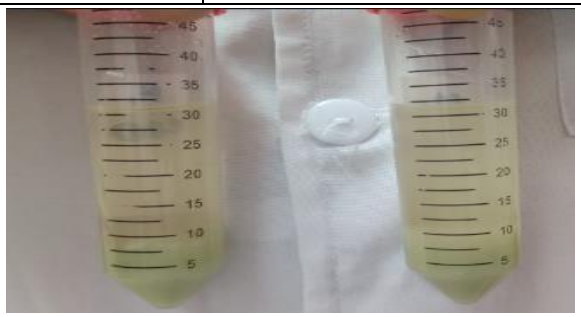

60
50
40
30
20
10

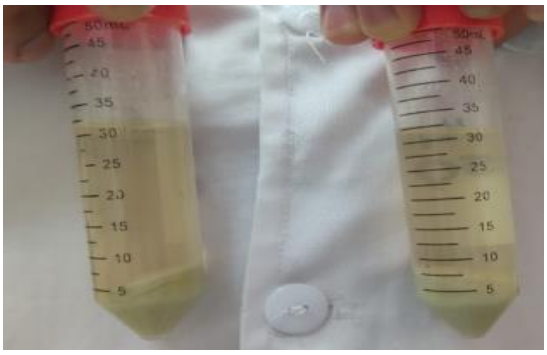


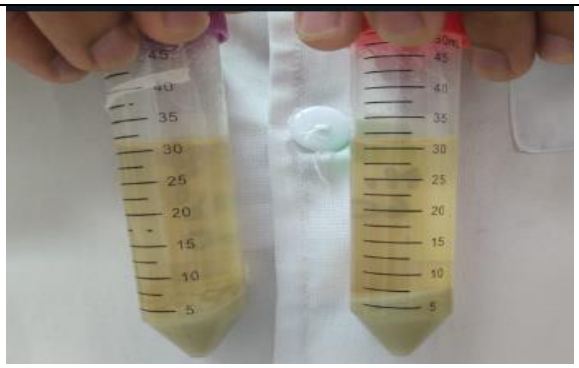

60




M1
40
M1
60







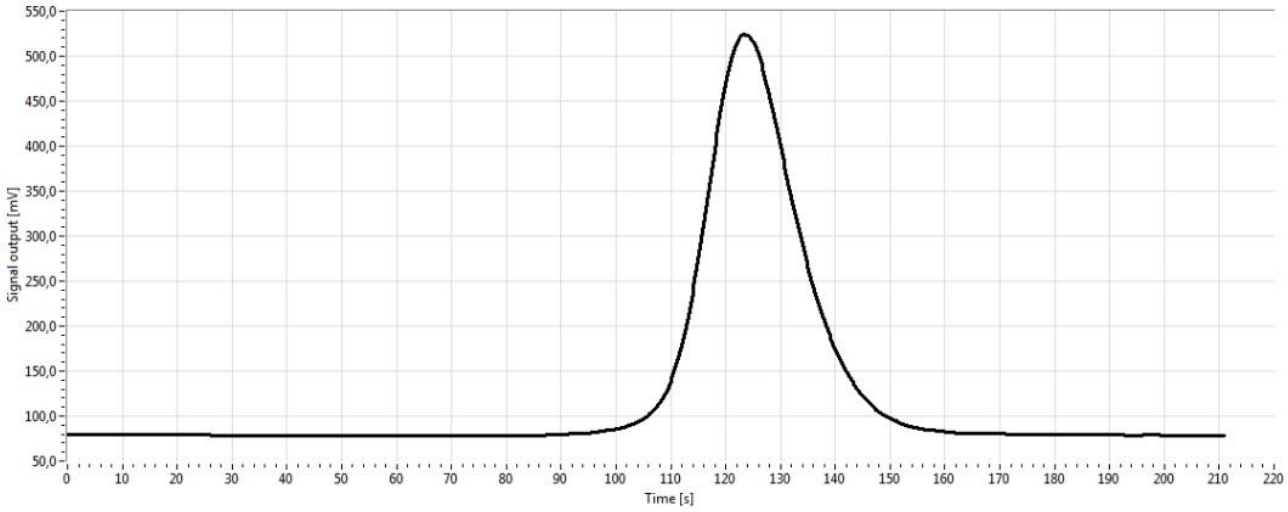
Anexo 3. Gráficas de las cuantificaciones de proteína de los tres tratamientos (harinas) en el equipo de Dumas

NDA Dumas Nitrogen Analyser

Laboratory information:
Name: CANJE DE DEUDA
Address:
Phone:
E-mail:
Notes:

S/N:
Software version: 3.15.0
Operator Name:

Date [dd/mm/yy]	Time [hh:mm:ss]	Sample Name	Weight [mg]	O2 Flow Rate [ml/min]	O2 Factor [ml/mg]	Analysis Time [s]	Calibration Number	Proteins [% Factor	N Area [mVxs]	N [mg]	N [%]	Proteins [%]
25/04/24	07:54:28	40 (R1)	100,16	400,0	1,6	261,0	24	6,25	9071,2	2,2985	2,295	14,343



Working Calibration:
Y = -8,611973E-3 + X * 2,543355E-4 + X^2 * 0,000000E+0 + X^3 * 0,000000E+0
Temperature [°C]:
Combustion furnace: 1029,1
Reduction furnace: 649,7
Flow rate [ml/min]:
MFC1 carrier: 189,9
MFC2 carrier: 219,9

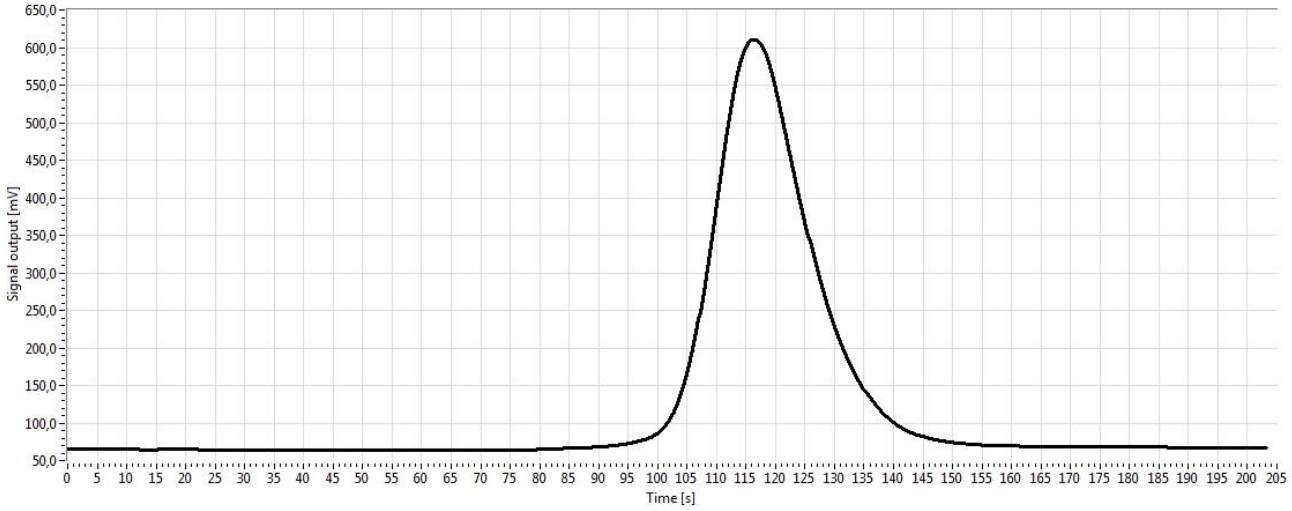
Figura 10. Resultado de proteína obtenido para harina H1(40°C) -R1

NDA Dumas Nitrogen Analyser

Laboratory information:
Name: CANJE DE DEUDA
Address:
Phone:
E-mail:
Notes:

S/N:
Software version: 3.15.0
Operator Name:

Date [dd/mm/yy]	Time [hh:mm:ss]	Sample Name	Weight [mg]	O2 Flow Rate [ml/min]	O2 Factor [ml/mg]	Analysis Time [s]	Calibration Number	Proteins [% Factor	N Area [mVxs]	N [mg]	N [%]	Proteins [%]
25/04/24	10:15:49	40 (R3)	100,6	400,0	1,6	253,2	23	6,25	10603,3	2,0712	2,059	12,868



Working Calibration:
Y = -5,313862E-1 + X * 2,454504E-4 + X^2 * 0,000000E+0 + X^3 * 0,000000E+0
Temperature [°C]:
Combustion furnace: 1030,1
Reduction furnace: 649,9
Flow rate [ml/min]:
MFC1 carrier: 190,0
MFC2 carrier: 219,9

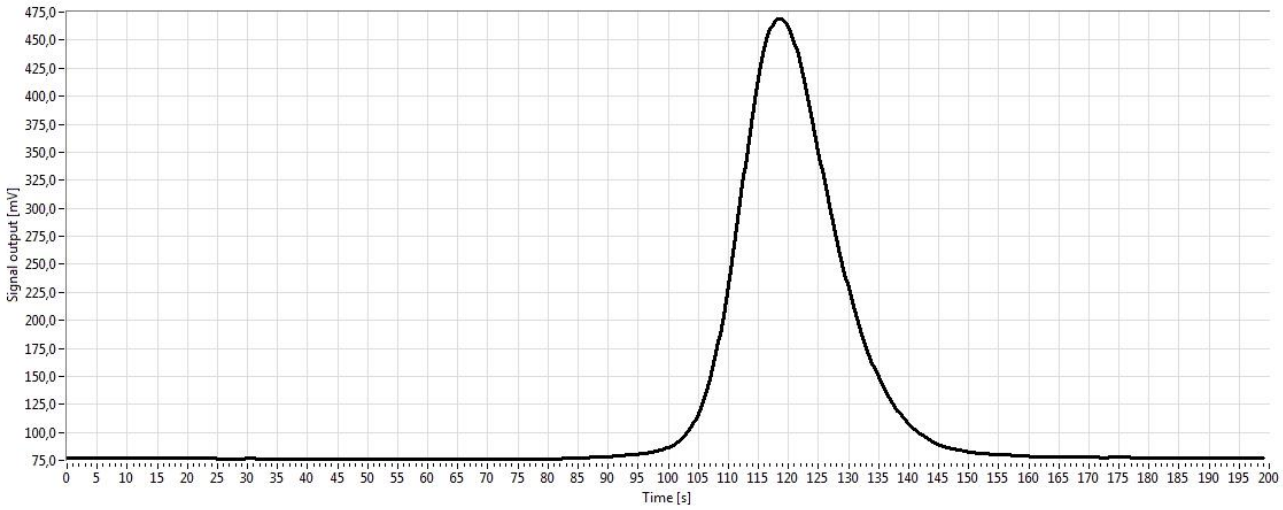
Figura 11. Resultado de proteína obtenido para harina H1(40°C) -R2

NDA Dumas Nitrogen Analyser

Laboratory information:
Name: CANJE DE DEUDA
Address:
Phone:
E-mail:
Notes:

S/N:
Software version: 3.15.0
Operator Name:

Date [dd/mm/yy]	Time [hh:mm:ss]	Sample Name	Weight [mg]	O2 Flow Rate [ml/min]	O2 Factor [ml/mg]	Analysis Time [s]	Calibration Number	Proteins [% Factor	N Area [mVxs]	N [mg]	N [%]	Proteins [%]
25/04/24	08:06:10	50 (R1)	100,2	400,0	1,6	249,0	23	6,25	7516,6	1,3136	1,311	8,193



Working Calibration:

Y = -5,313862E-1 + X * 2,454504E-4 + X^2 * 0,000000E+0 + X^3 * 0,000000E+0

Temperature [°C]:

Combustion furnace: 1031,7
Reduction furnace: 649,1

Flow rate [ml/min]:

MFC1 carrier: 189,9
MFC2 carrier: 219,8

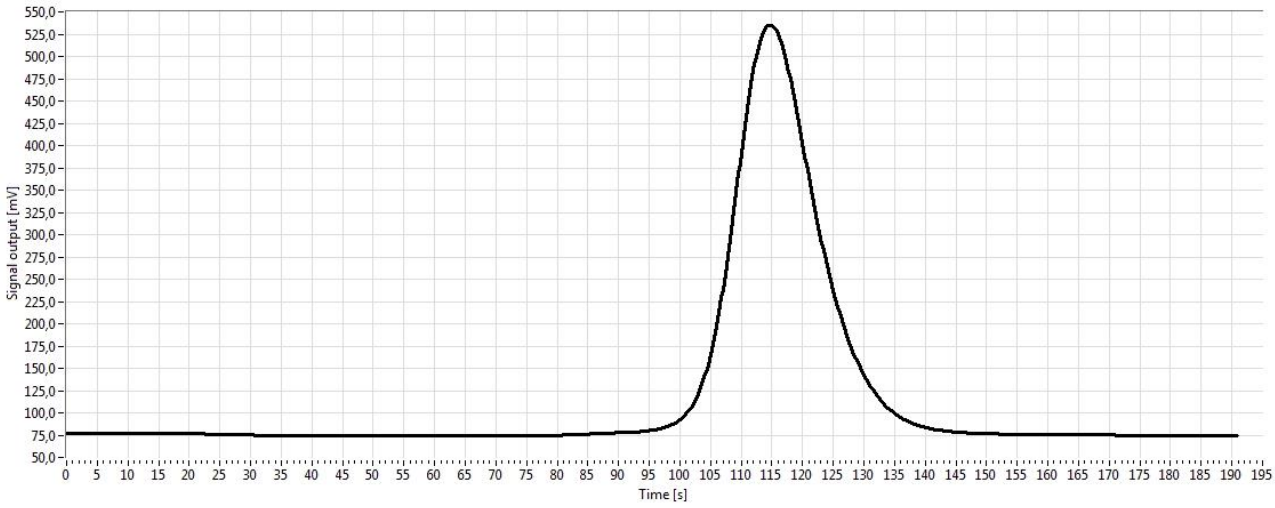
Figura 12. Resultado de proteína obtenido para harina H2(50°C) -R1

NDA Dumas Nitrogen Analyser

Laboratory information:
Name: CANJE DE DEUDA
Address:
Phone:
E-mail:
Notes:

S/N:
Software version: 3.15.0
Operator Name:

Date [dd/mm/yy]	Time [hh:mm:ss]	Sample Name	Weight [mg]	O2 Flow Rate [ml/min]	O2 Factor [ml/mg]	Analysis Time [s]	Calibration Number	Proteins [% Factor	N Area [mVxs]	N [mg]	N [%]	Proteins [%]
25/04/24	08:11:25	50 (R2)	100,41	400,0	1,6	241,0	23	6,25	7510,9	1,3122	1,307	8,168



Working Calibration:

Y = -5,313862E-1 + X * 2,454504E-4 + X^2 * 0,000000E+0 + X^3 * 0,000000E+0

Temperature [°C]:

Combustion furnace: 1028,0
Reduction furnace: 650,1

Flow rate [ml/min]:

MFC1 carrier: 189,9
MFC2 carrier: 219,9

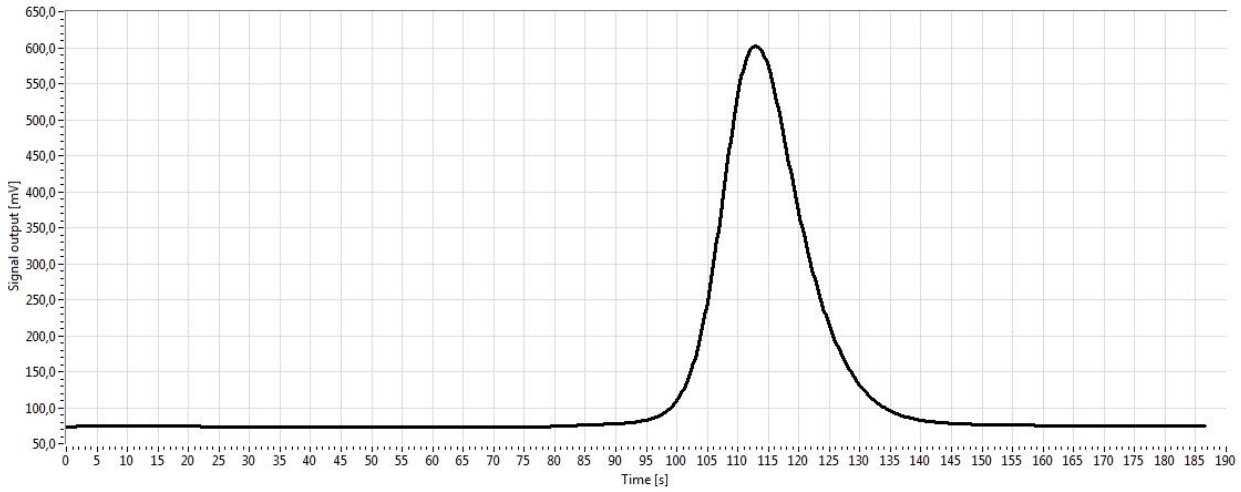
Figura 13. Resultado de proteína obtenido para harina H2(50°C) -R2

NDA Dumas Nitrogen Analyser

Laboratory information:
Name: CANJE DE DEUDA
Address:
Phone:
E-mail:
Notes:

S/N:
Software version: 3.15.0
Operator Name:

Date [dd/mm/yy]	Time [hh:mm:ss]	Sample Name	Weight [mg]	O2 Flow Rate [ml/min]	O2 Factor [ml/mg]	Analysis Time [s]	Calibration Number	Proteins [% Factor	N Area [mVxs]	N [mg]	N [%]	Proteins [%]
25/04/24	08:17:41	60 (R1)	100,43	400,0	1,6	236,6	23	6,25	8661,1	1,5945	1,588	9,923



Working Calibration:
Y = -5,313862E-1 + X * 2,454504E-4 + X^2 * 0,000000E+0 + X^3 * 0,000000E+0
Temperature [°C]:
Combustion furnace: 1028,1
Reduction furnace: 649,8
Flow rate [ml/min]:
MFC1 carrier: 189,9
MFC2 carrier: 219,8

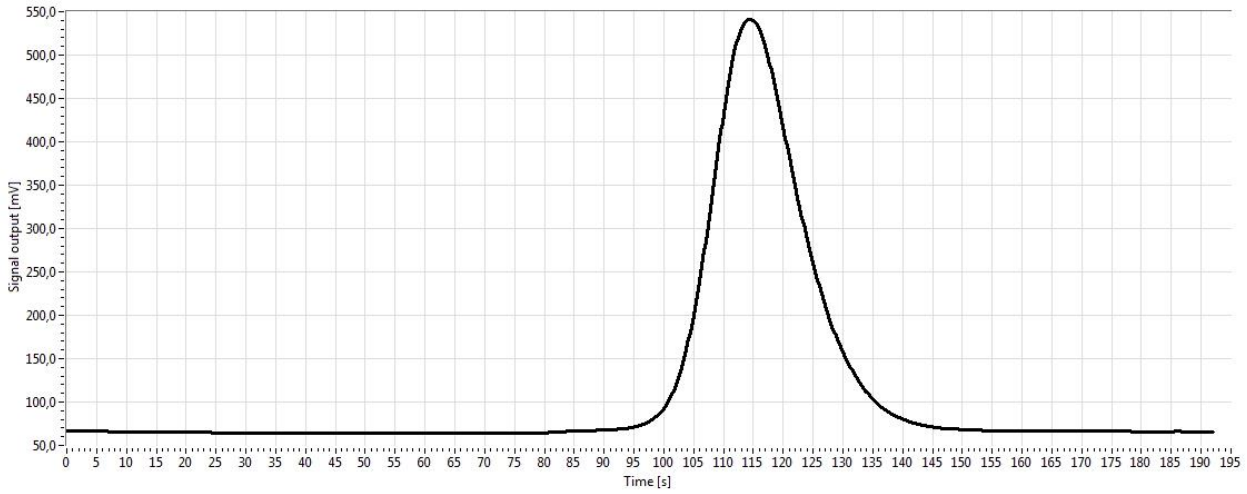
Figura 14. Resultado de proteína obtenido para harina H3(60°C) -R1

NDA Dumas Nitrogen Analyser

Laboratory information:
Name: CANJE DE DEUDA
Address:
Phone:
E-mail:
Notes:

S/N:
Software version: 3.15.0
Operator Name:

Date [dd/mm/yy]	Time [hh:mm:ss]	Sample Name	Weight [mg]	O2 Flow Rate [ml/min]	O2 Factor [ml/mg]	Analysis Time [s]	Calibration Number	Proteins [% Factor	N Area [mVxs]	N [mg]	N [%]	Proteins [%]
25/04/24	10:21:07	60 (R3)	100,03	400,0	1,6	242,0	23	6,25	8698,0	1,6036	1,603	10,019



Working Calibration:

Y = -5,313862E-1 + X * 2,454504E-4 + X^2 * 0,000000E+0 + X^3 * 0,000000E+0

Temperature [°C]:
Combustion furnace: 1030,1
Reduction furnace: 650,4

Flow rate [ml/min]:
MFC1 carrier: 190,0
MFC2 carrier: 219,8

Figura 15. Resultado de proteína obtenido para harina H3(60°C) -R2

Anexo 4. Resultados INIAP de la cuantificación de almidón y amilosa total, en los tres tratamientos para la obtención de harina de cidrayota

INIAP	**INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS** **ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA** **DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y CALIDAD** **LABORATORIO DE SERVICIO DE ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN EN ALIMENTOS** **Panamericana Sur Km. 1. CutuglaguaTlfs. 2690691-3007134. Fax 3007134** **Casilla postal 17-01-340**	LSAIA/DNC/EESC	**MC-LSAIA-2201** **Rev. 9**

INFORME DE ENSAYO N°:24-0057

****NOMBRE DEL PETICIONARIO:**	Srta. EVELYN GARZON	****INSTITUCIÓN:**	PARTICULAR
****DIRECCIÓN:**	JUAN MONTALVO Y 21 DE ENERO/ SALCEDO	****ATENCIÓN:**	Srta. EVELYN GARZON
FECHA DE EMISIÓN:	05/06/2024	**FECHA DE RECEPCIÓN:**	23/05/2024
FECHA DE ANÁLISIS:	Del 23 de mayo al 05 de junio del 2024	**HORA DE RECEPCIÓN:**	11:11
ANÁLISIS SOLICITADOS:	Almidón y Amilosa		

RESULTADOS DE ANÁLISIS

ANÁLISIS	**TIPO DE MUESTRA	CÓDIGO DE LA MUESTRA	MÉTODO INTERNO	METODO DE REFERENCIA	RESULTADO	UNIDAD
HUMEDAD	Harina de Cidrayota 40°c/24h	24-0350	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	13,46	%
AMILOSA$^{\Omega}$	Harina de Cidrayota 40°c/24h	24-0350	MO-LSAIA-04	Morrison y Laignelet 1983	24,31	%
ALMIDON Ω	Harina de Cidrayota 40°c/24h	24-0350	MO-LSAIA-04	Morrison y Laignelet 1983	55,52	%
HUMEDAD	Harina de Cidrayota 50°c/24h	24-0351	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	10,92	%
AMILOSA$^{\Omega}$	Harina de Cidrayota 50°c/24h	24-0351	MO-LSAIA-04	Morrison y Laignelet 1983	24,03	%
ALMIDON Ω	Harina de Cidrayota 50°c/24h	24-0351	MO-LSAIA-04	Morrison y Laignelet 1983	56,86	%
HUMEDAD	Harina de Cidrayota 60°c/24h	24-0352	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	10,26	%
AMILOSA$^{\Omega}$	Harina de Cidrayota 60°c/24h	24-0352	MO-LSAIA-04	Morrison y Laignelet 1983	25,82	%
ALMIDON Ω	Harina de Cidrayota 60°c/24h	24-0352	MO-LSAIA-04	Morrison y Laignelet 1983	59,22	%

OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente. La toma de muestra no es responsabilidad del laboratorio, le corresponde al cliente. Los ensayos marcados con (Ω) se reportan en base seca. Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio. Los resultados arriba indicados solo están relacionados con la muestra sometida a ensayo que se detalla en éste documento tal como se recibió. El laboratorio se responsabiliza de toda la información suministrada en el informe, excepto cuando la información la suministre el cliente. NOTA DE DESCARGO: Si el lector de este correo electrónico no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información. De igual manera, la información entregada por el cliente, generada durante las actividades del laboratorio e información contenida en éste informe es de carácter confidencial, está dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por éste. Los datos marcados con ** son suministrados por cliente, el laboratorio no se responsabiliza por esta información.

	RESPONSABLES DEL INFORME
Nombre	*PhD. Iván Samaniego. MSc.*
Cargo	*RESPONSABLE DNC*
Firma	IVAN RODRIGO SAMANIEGO MAIGUA
Fecha	*2024-06-05*

Página 1 de 1