



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS
Y BIOTECNOLOGÍA
CARRERA DE ALIMENTOS



**Evaluación de las características fisicoquímicas y funcionales del almidón de
miso (*Mirabilis expansa*)**

Informe final de Integración Curricular, Modalidad Proyecto de Investigación, previa a la obtención del Título de Ingeniera en Alimentos, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

AUTOR: Vanessa Liseth Peñafiel Quilumba

TUTOR: Dr. Santiago Esmiro Cadena Carrera

Ambato-Ecuador

Marzo-2023

APROBACIÓN DEL TUTOR

Dr. Santiago Esmiro Cadena Carrera

CERTIFICA:

Que el presente Informe Final de Integración Curricular ha sido prolijamente revisado. Por lo tanto, autorizo la presentación de este Informe Final de Integración Curricular bajo la modalidad 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, 7 de febrero de 2023.

.....
Santiago Esmiro Cadena Carrera PhD

C.I.:1715602593

TUTOR

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Vanessa Liseth Peñafiel Quilumba, manifiesto que los resultados obtenidos en el presente Informe Final de Integración Curricular, modalidad Proyecto de investigación, previo la obtención del Título de Ingeniera en Alimentos, son absolutamente originales, auténticos y personales; a excepción de las citas bibliográficas.



.....
Vanessa Liseth Peñafiel Quilumba

C.I. 1754984290

AUTORA

APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DE TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos profesores, Calificadores, aprueban el presente Informe Final de Integración Curricular, modalidad Proyecto de Investigación, el mismo que ha sido elaborado de conformidad con las disposiciones emitidas por la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología de la Universidad Técnica de Ambato. Para constancia firman:

.....

Presidente de Tribunal

.....

Dr. Irvin Ricardo Tubón Usca

C.I. 0604250357

.....

Dr. Mario Daniel García Solís

C.I. 1103605471

Ambato, 8 de marzo del 2023

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Informe Final de Integración Curricular o parte de él, como 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 de Integración Curricular, 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 se realice respetando mis derechos de autor.



.....
Vanessa Liseth Peñafiel Quilumba

C.I. 1754984290

AUTORA

DEDICATORIA

A mi mamá María Quilumba, quien me ha apoyado siempre, me ha inculcado el valor del esfuerzo propio, a luchar por mis metas y me motiva a ser mejor cada día, con su ejemplo de perseverancia y dedicación.

A mis hermanas Katherine Cabrera y en especial a Mariby Peñafiel por su apoyo incondicional en todos los aspectos de mi vida, por creer en mí e impulsarme para seguir adelante cada día y no dejar que decaiga a pesar de las múltiples adversidades que se han presentado.

A Javier, la persona especial que me ha acompañado en esta travesía y que con su amor me ha dado fortaleza para continuar luchando por mis sueños. ¡Este logro será nuestro!

A mi abuelita Alejandrina, que en vida me brindó su amor y me inspiró a seguir esta carrera, hubieron tantos sueños que no se cumplieron en su presencia, pero espero que desde el cielo sea partícipe de ellos. Siempre la llevaré en mi corazón.

A mi familia y amigos que de una u otra forma aportaron para que pudiera seguir con mis estudios pues la más pequeña ayuda sumó positivamente a mi formación profesional, les agradezco muchísimo.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por todo lo que he vivido, pues de las malas circunstancias adquirí experiencia y de las buenas mantengo recuerdos felices, le agradezco infinitamente por ser mi guía en cada paso que doy y por permitirme lograr el sueño de culminar mi carrera profesional.

A mi madre y hermanas que me apoyaron y creyeron en mí, no fue fácil llegar hasta aquí pero no estuve sola en el proceso, gracias por su amor.

A mi familia y a todos quienes aportaron su granito de arena para que este sueño se cumpla.

A la señora Cristina Rocha, quien de la manera más amable me facilitó la materia prima para llevar a cabo mi Trabajo de Integración Curricular.

A la Universidad Técnica de Ambato y a la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología por acogerme durante este tiempo que cursé la carrera de Alimentos y a sus docentes que me impartieron sus conocimientos.

A mi tutor, Dr. Santiago Cadena por compartirme sus conocimientos, brindarme su valioso tiempo y tenerme paciencia durante toda la realización de este trabajo de investigación.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO

APROBACIÓN DEL TUTOR	ii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD	iii
APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DE TRIBUNAL DE GRADO	iv
DERECHOS DE AUTOR	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE ECUACIONES	xii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO	1
1.1 Antecedentes investigativos	1
1.1.1 Miso	1
1.1.2 Miso en el Ecuador	2
1.1.3 Composición nutricional del miso	4
1.1.4 Características y usos del miso	5
1.1.4.1 Características	5
1.1.4.2 Usos.....	5
1.1.5 Almidón.....	6
1.1.6 Requisitos específicos del almidón	7
1.1.7 Almidón como base para alimentos	7
1.2 Objetivos	9
1.2.1 General	9
1.2.2 Específicos	9
CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA	10

2.1 Obtención de las raíces tuberosas de miso.....	10
2.1.1 Propiedades fisicoquímicas de las raíces tuberosas de miso.....	10
2.1.1.1 Determinación de actividad de agua	10
2.1.1.2 Medición de pH.....	10
2.1.1.3 Determinación de humedad.....	11
2.1.1.4 Determinación de °Brix	11
2.2 Extracción del almidón de miso.....	11
2.3 Caracterización fisicoquímica del almidón.....	12
2.3.1 Determinación de humedad y materia seca.....	12
2.3.2 Determinación de pH	13
2.3.3 Determinación de acidez	14
2.3.4 Determinación de ceniza por método gravimétrico	14
2.3.5 Determinación de proteínas por el método Kjeldahl.....	15
2.3.6 Determinación de grasa mediante el método Soxhlet.....	15
2.3.7 Determinación de fibra cruda.....	15
2.3.8 Almidón total	16
2.3.9 Contenido de amilosa.....	16
2.4 Determinación de la pureza del almidón extraído.....	16
2.5 Propiedades funcionales.....	17
2.5.1 Determinación de índice de absorción de agua, índice de solubilidad y poder de hinchamiento	17
2.5.2 Análisis de viscosidad mediante RVA.....	18
2.5.3 Temperatura de gelatinización por análisis de calorimetría diferencial de barrido (DSC).....	18
CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
3.1 Análisis y discusión de los resultados.....	20
3.1.1 Materia vegetal.....	20

3.1.2	Análisis fisicoquímicos de la materia prima	20
3.1.3	Rendimiento de extracción del almidón.....	23
3.1.4	Características fisicoquímicas del almidón de miso	24
3.1.5	Pureza del almidón.....	28
3.1.6	Propiedades funcionales.....	29
3.1.6.1	Índice de Absorción de agua	29
3.1.6.2	Índice de solubilidad en agua.....	30
3.1.6.3	Poder de hinchamiento (PH)	32
3.1.6.4	Análisis de viscosidad mediante RVA.....	33
3.1.6.5	Temperatura de gelatinización por análisis de calorimetría diferencial de barrido (DSC).....	34
CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		37
4.1	Conclusiones	37
4.2	Recomendaciones.....	38
C. MATERIALES DE REFERENCIA		39
	Referencias bibliográficas.....	39
	Anexos.....	45

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i>	Raíz tuberosa de miso (<i>Mirabilis expansa</i>).	2
<i>Figura 2.</i>	Almidón de miso obtenido.	12
<i>Figura 3.</i>	Potenciómetro METTLER TOLEDO G20 Compact.	14
<i>Figura 4.</i>	Analizador rápido de viscosidad (RVA PERTEN).	18
<i>Figura 5.</i>	Índice de absorción de agua en función de la temperatura del almidón de miso.....	30
<i>Figura 6.</i>	Índice de solubilidad en agua en función de la temperatura del almidón de miso.....	31
<i>Figura 7.</i>	Poder de hinchamiento en función de la temperatura del almidón de miso.	33

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Porcentaje de rendimiento de extracción del almidón.	12
Ecuación 2. Porcentaje de humedad.....	13
Ecuación 3. Porcentaje de materia seca.	13
Ecuación 4. Porcentaje de acidez.	14
Ecuación 5. Porcentaje de ceniza.	15
Ecuación 6. Porcentaje de pureza del almidón.....	16
Ecuación 7. Índice de absorción de agua.	17
Ecuación 8. Índice de solubilidad en agua.	17
Ecuación 9. Poder de hinchamiento.	18

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Obtención de raíces tuberosas de miso.....	45
Anexo 2.	Caracterización de materia prima: pH, °Brix, actividad de agua, humedad.	46
Anexo 3.	Extracción de almidón de miso.	46
Anexo 4.	Determinación de pH y acidez titulable	48
Anexo 5.	Determinación de ceniza	48
Anexo 6.	Determinación de humedad y materia seca.	48
Anexo 7.	Determinación de índice de absorción de agua, índice de solubilidad y poder de hinchamiento	50
Anexo 8.	Certificado de identificación taxonómica del miso.	45
Anexo 9.	Proceso de extracción de almidón de raíces tuberosas de miso.	47
Anexo 10.	Resultados de análisis de grasa, proteína y fibra cruda elaborado en LACONAL.	49
Anexo 11.	Resultados de análisis de contenido de almidón y amilosa elaborado en Laboratorio de Servicio de Análisis e Investigación de Alimentos, Departamento de Nutrición y Calidad-Estación Experimental Santa Catalina-INIAP.....	50
Anexo 12.	Resultados obtenidos del almidón de miso mediante el RVA.	51
Anexo 13.	Termograma de almidón de miso y maíz obtenido por calorimetría diferencial de barrido (DSC).	51

RESUMEN

El miso (*Mirabilis expansa*) es una planta nativa, originaria de los Andes sudamericanos, pero en la actualidad, en el Ecuador estaría en peligro de desaparecer debido a su escaso cultivo-consumo por parte de los habitantes locales y al desconocimiento de sus beneficios como, por ejemplo, su alto potencial para la producción de almidón. La finalidad del presente trabajo fue la extracción del almidón de las raíces tuberosas de miso para la posterior evaluación de sus características fisicoquímicas y funcionales.

Las características fisicoquímicas determinadas en el almidón de miso obtenido fueron: materia seca, humedad, cenizas, pH, grasa, fibra cruda, almidón total y amilosa, las cuales se encuentran dentro del rango de las especificaciones para almidones comerciales utilizados en las industrias de alimentos, no obstante, el contenido de proteína fue ligeramente mayor.

Entre las propiedades funcionales se midió el índice de absorción de agua (IAA), índice de solubilidad en agua (ISA), poder de hinchamiento (PH), viscosidad y temperatura de gelatinización por análisis de calorimetría diferencial de barrido (DSC). El almidón de miso presentó un alto IAA (3.23-10.65 g agua por g muestra) y un alto PH (3.34- 11.50 por ciento). La viscosidad obtenida mediante el RVA cumplió las especificaciones para almidones comerciales. La temperatura de gelatinización obtuvo su pico más alto a los 71 grados Celcius, lo que da indicios de que puede ser empleado en alimentos procesados a altas temperaturas, actuando como agente espesante, gelificante o modificador de texturas.

Palabras clave: Miso, almidones, aditivos alimentarios, raíces tuberosas, propiedades de alimentos.

ABSTRACT

Miso (*Mirabilis expansa*) is a native plant, native to the South American Andes, but at present, in Ecuador it is in danger of disappearing due to its scarce cultivation and consumption by local inhabitants and the lack of knowledge of its benefits, such as its high potential for starch production. The purpose of the present work was the extraction of starch from miso tuberous roots for the subsequent evaluation of its physicochemical and functional characteristics.

The physicochemical characteristics determined in the miso starch obtained were: dry matter, moisture, ash, pH, fat, crude fiber, total starch and amylose, which are within the range of specifications for commercial starches used in food industries; however, the protein content was slightly higher.

Among the functional properties, the water absorption index (WIA), water solubility index (WSI), swelling power (SWP), viscosity and gelatinization temperature were measured by differential scanning calorimetry (DSC) analysis. Miso starch presented high IAA (3.23-10.65 g water per g sample) and high PH (3.34- 11.50 percent). The viscosity obtained by RVA met the specifications for commercial starches. The gelatinization temperature reached its highest peak at 71 degrees Celsius, which indicates that it can be used in processed foods at high temperatures, acting as a thickening agent, gelling agent or texture modifier.

Key words: Miso, starches, food additives, tuberous roots, food properties.

CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes investigativos

1.1.1 Miso

Según **Morillo (1998)** el miso (*Mirabilis expansa*) es una raíz tuberosa perteneciente a la familia Nyctaginaceae, la cual se cultiva en Perú, Bolivia y Ecuador. Su cultivo se da a alturas comprendidas entre 2200 y 3500 m.s.n.m, preferentemente en suelos profundos, de textura media y que dispongan de una buena cantidad de materia orgánica (**Carrera, 2018**).

Mirabilis expansa se conoce con algunos nombres comunes de acuerdo a la localidad en la que se encuentre, de este modo, en Ecuador se le conoce como “miso” en las provincias de Pichincha e Imbabura y como “tazo” en la provincia de Cotopaxi. En Bolivia se le conoce comúnmente como “mauka” y en Perú como “cushpe”, “chago”, “chaco”, “yuca inca”, “camotillo”, “yuquilla”, “pega” o “cushpín” (**Seminario, 2004**).

El miso es una planta perenne que se cultiva como anual, su raíz es su principal parte comestible, misma que puede alcanzar 50 cm de longitud y 10 cm de diámetro, aunque también se pueden consumir los brotes tiernos y las hojas en ensaladas (**Carrera, 2018**).

El rendimiento de producción del miso evidentemente está condicionado por varios factores, así, en Perú y Bolivia se han registrado variaciones entre 0.5 a 5.5 kg de raíces tuberosas/planta. Por otro lado, en el valle de Cajamarca, en siembras de varias accesiones o entradas¹ sin empleo de fertilizantes y cosechadas a los 12 meses, se han registrado pesos de 1.8 a 5.5 kg de raíces tuberosas/planta, lo cual indica un rendimiento aproximado de 45000 a 137000 kg/ha (**Seminario, 2004**). En la Figura 1 se muestra el miso recién cosechado.

¹ muestras de una variedad, línea o población en cualquiera de sus formas reproductivas que ingresa a un centro de recursos genéticos para su conservación o uso (**Morillo, 1998**).



Figura 1. Raíz tuberosa de miso (*Mirabilis expansa*).

1.1.2 Miso en el Ecuador

En el Ecuador se cultiva el miso en pequeñas extensiones, en sistemas de policultivo que practican los pequeños agricultores para autoconsumo. Las provincias en las que se ha registrado el cultivo de miso son Pichincha, Cotopaxi e Imbabura, aunque al ser una planta poco conocida por los habitantes, no se encuentra en los mercados como otros tubérculos y raíces andinas (**Muenala, 2019**).

El miso se incluye dentro del grupo de raíces tuberosas y tubérculos andinos no tradicionales, por lo que, al sembrarse en pequeñas superficies de tierra y asociado a otros cultivos como el maíz, no existen muchos datos estadísticos sobre su producción. Las condiciones adecuadas para el cultivo de este tipo de productos se encuentran en la zona central de la región Sierra del Ecuador, aunque sus habitantes se han centrado en la producción de la papa y han dejado de lado la producción de otras especies útiles debido a su baja demanda (**Bonete et al., 2016**).

Los límites altitudinales donde se ha encontrado el miso en el Ecuador son 2700 a 3100 m.s.n.m. Al sembrarse en suelos pobres, con escasa presencia de materia orgánica y asociado con otros cultivos, la planta de miso se muestra muy competitiva o agresiva, causando que cultivos como el maíz disminuyan sus posibilidades de crecimiento, por tanto, los campesinos prefieren no llevar a cabo esta asociación y esta puede ser una razón para que el área de cultivo de miso haya disminuido (**Seminario, 2004**).

En la actualidad, la zona andina del Ecuador se ha identificado como la que cuenta con los menores limitantes de producción, ya que, en términos de suelo y lluvia, en todo el país no existe otra zona que cuente con las condiciones adecuadas para la producción

de raíces tuberosas y tubérculos andinos. Sin embargo, la producción y consumo de estos productos nativos de la región Sierra han disminuido de manera considerable, pues los habitantes optan por el consumo de productos de fácil cocción con la finalidad de ahorrar tiempo (**Bonete et al., 2016**) .

Zapana et al., (2017) mencionan que el crecimiento de la población debe tener un equilibrio con la producción agropecuaria, específicamente con productos autóctonos de cada zona, pues de ese modo se asegura la soberanía alimentaria, una agricultura sostenible y una alimentación nutritiva. Según la **Asamblea Nacional del Ecuador (2010)** la Ley Orgánica del Régimen de Soberanía Alimentaria tiene como finalidad garantizar a las personas, comunidades y pueblos la autosuficiencia de alimentos sanos, nutritivos y culturalmente apropiados de manera permanente. El miso representa una fuente alternativa no convencional de producción de almidón, por lo cual su potencial puede ser explotado y aprovechado para el consumo local, de este modo se permitiría rescatar o valorizar esta raíz tuberosa nativa/típica de los Andes, se ayudaría a incentivar su cultivo y consumo, al igual que generar una fuente económica para las poblaciones rurales y la contribución a lograr una soberanía alimentaria culturalmente adecuada (**Seminario, 2004; Barrera et al., 2004**).

1.1.3 Composición nutricional del miso

Según **Morillo (1998)** mediante análisis bromatológicos se obtuvo que 100g de materia seca de raíz de miso contiene lo detallado en la Tabla 1.

Tabla 1

Composición nutricional del miso.

Contenido nutricional	Porcentaje nutricional (%)
Proteína	7.41
Fibra	4.80
Ceniza	4.40
Carbohidratos	80.00
Fósforo	0.06
Calcio	0.79
Potasio	1.86

Fuente: Morillo (1998).

En estudios preliminares se ha determinado la composición nutricional del miso, el cual ha dado indicios de potencialidades nutritivas. En comparación con otras especies tuberosas andinas, se ha comprobado que el miso tiene mayor riqueza en proteínas y en otros componentes, como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2

Composición química del miso, comparada con otras tuberosas andinas (% de la parte comestible).

Especie	MS	Proteínas	Grasa	Carbohidratos	Fibra	Cenizas
Achira	27.80	0.85	0.30	25.30	0.54	0.87
Camote	40.80	2.80	-	29.20*	-	1.10
Mashua	12.60	1.50	0.70	9.80	-	0.60
Oca	16.84	1.22	0.51	13.20	0.64	0.82
Papa	20.00	2.00	0.10	16.90	-	1.00
Yuca	34.80	1.00	0.40	32.80	1.00	0.06
Miso	59.30	4.30	0.09	33.08	0.96	2.18

Nota: * Se refiere sólo a almidón, MS= materia seca. Fuente: Seminario (2004).

1.1.4 Características y usos del miso

1.1.4.1 Características

Según **FAO (1992)** como se citó en **Morillo (1998)** se conocen dos morfotipos de miso en el país: uno nativo de flores blancas y raíces amarillas y otro introducido de flores magenta y raíces blancas. Mientras que, según **NRC (1989)** mencionado en **Morillo (1998)**, se hallan diferentes genotipos: unos con flores púrpuras y raíces astringentes y otros con un rango de colores que varían de blanco a púrpura y no todas las raíces son carnosas.

El miso se propaga de forma sexual (por semillas botánicas) y asexual (por esquejes o tallos subterráneos engrosados), siendo la última la más común. La semilla de miso es ortodoxa (sobrevive en los tiempos de desecación o congelación durante su conservación), lo que hace que su poder germinativo no disminuya drásticamente, y, por tanto, se puede almacenar por algunos años. Se ha registrado que durante el almacenamiento de estas semillas por varios años a una temperatura de 18°C perdieron su poder germinativo a un ritmo de 4% (**Seminario, 2004**).

Las raíces tuberosas de miso se pueden cosechar a partir de los 7.5 meses desde su siembra, un indicativo de que están aptas para la cosecha es que sus flores se desprenden de la planta. Aunque se han registrado casos en que los agricultores han cosechado dichas raíces a los dos años sin observar alteraciones en la calidad del producto, más bien aumentaron su rendimiento de producción (**Seminario, 2004**).

1.1.4.2 Usos

➤ Consumo humano

Muenala (2019) menciona que, en el Ecuador, el miso se consume de dos maneras:

- **De sal:** las raíces de miso se preparan inmediatamente después de ser cosechadas, lavándolas y pelándolas como la yuca, también se pueden freír, utilizar en sopas, hacer tortillas en tiesto u hornearlas en rodajas.

- **De dulce:** después de la cosecha se dejan al sol las raíces de miso por un día o se entierran por una semana en el suelo para que se concentren los azúcares y se disminuya el sabor astringente. Para preparar coladas se lava, pela y cocina el miso para después licuar con leche y darle una segunda cocción con especias dulces. También se puede consumir una vez cocido con miel, dulce de agave (*chawarmishky*) o panela (Carrera, 2018).

➤ **Alimento para animales**

Se usan las raíces, tallos aéreos y subterráneos de miso para la alimentación de cerdos, vacunos, conejos y cuyes. De acuerdo a lo mencionado por Rea (1992) como se citó en Seminario (2004), el grado de conversión en cuyes es superior al de otros subproductos agrícolas. Aunque el uso más frecuente se da en el engorde de cerdos, donde se utilizan tallos y raíces de miso ya sean solos o en combinación con otros alimentos, de este modo, algunos agricultores cultivan el miso solo para este fin (Muenala, 2019).

1.1.5 Almidón

El almidón es un polisacárido que representa la principal fuente de reserva de carbohidratos en los vegetales, se halla en diferentes partes de las plantas, pudiendo ser aislado de frutas, semillas, hojas, tubérculos y raíces (Segura & Betancur, 2013).

El almidón es un polímero de glucosa presente en forma granular en determinadas especies de origen vegetal, considerado como el principal constituyente energético de los alimentos. El polímero consta de unidades de anhidro- α -D-glucosa unidas. El almidón natural se separa de cada materia prima mediante procesos específicos (CODEX STAN 192, 1995).

Este polisacárido está constituido por gránulos, cuya morfología, estructura química y composición supramolecular son propiedades relevantes que llegan a afectar tanto las características funcionales como su susceptibilidad a la acción enzimática (González, 2016).

1.1.6 Requisitos específicos del almidón

En el sector industrial no existe una norma única de requisitos de calidad para almidón, por lo que cada empresa define los requisitos fisicoquímicos dependiendo de la aplicación final del almidón. Existen amplias investigaciones en las cuales se ha caracterizado el almidón de yuca, que es uno de los tubérculos del cual más se extrae almidón, el miso es una raíz tuberosa, por lo que se acogerá a las especificaciones mencionadas por **Aristizábal & Sánchez (2007)**, así, los requisitos fisicoquímicos estándares que debe tener el almidón de yuca para ser usado en el sector industrial en general se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3

Requerimientos fisicoquímicos del almidón de yuca.

Análisis fisicoquímico	Rango estándar
Almidón (%)	92-98
Humedad (%)	10-13
Cenizas (%)	<0.12
pH	<0.064
Temperatura de gelatinización (°C)	58.5-70.0
Viscosidad máxima (cP)	840-1500
Color	Blanco
Tamaño (% que debe pasar por la malla 100)	99

Fuente: Aristizábal & Sánchez (2007).

1.1.7 Almidón como base para alimentos

A nivel mundial, los carbohidratos representan la principal fuente de energía, estos intervienen en la construcción celular, con un valor de 4 kcal por gramo y son el componente mayoritario de la dieta, siendo el almidón el más abundante. De las calorías consumidas por el cuerpo humano, este polisacárido aporta entre el 70 y 80%. Se encuentra en cereales en un 30-80%, leguminosas en un 25-50%, raíces y

tubérculos en un 60-90%, así como en hojas y frutas, variando de concentración según el nivel de madurez de las mismas (**González, 2016**).

Los almidones son un gran material para modificar la consistencia de los alimentos, siendo utilizado como reguladores y estabilizadores de la textura de los alimentos, así como gelificantes y espesantes por lo cual se les da aplicaciones industriales (**Segura & Betancur, 2013**).

Según **González (2016)** se calcula que se extraen unos 60 millones de toneladas (ton) de almidón al año para usarlos como estabilizadores en sopas y alimentos congelados, revestimiento para pastillas y papel, como materia prima para elaborar etanol y otros.

En cuanto al interés económico, la yuca es catalogada como la más importante dentro del grupo de raíces y tubérculos, siendo el almidón el principal producto industrial que se utiliza en la industria alimentaria, aunque también tiene potencial en la producción de dextrosa (azúcar simple químicamente idéntico a la glucosa) y alcohol (**Suárez & Mederos, 2011**).

El Instituto Internacional del Almidón reportó en el año 2006 que el maíz es el cereal que constituye la principal fuente de obtención de almidón a nivel mundial pero en México, se ha reportado que la producción de cereales no cubre la demanda para el consumo humano, alimentación animal y uso industrial (como almidón), a causa de ello se importan millones de toneladas de estos granos, ocasionando que el país dependa de las importaciones **Thomas y Atwell (1999)** como se menciona en **Segura & Betancur (2013)**.

Ante este tipo de situaciones se pueden aprovechar los recursos no convencionales propios de cada país, como lo es el miso en Ecuador, el cual representa una fuente de almidón, destacando que es una planta propia de las zonas andinas, tiene un buen rendimiento de producción en campo, además que se aseguraría la soberanía alimentaria al incentivar su cultivo y su consumo no solo en recetas culinarias sino como parte de alimentos procesados al extraer el almidón (**Muenala, 2019**).

1.2 Objetivos

1.2.1 General

Evaluar las características fisicoquímicas y funcionales del almidón de miso (*Mirabilis expansa*).

1.2.2 Específicos

- Extraer almidón de miso, calculando el rendimiento de extracción del mismo.
- Evaluar las características fisicoquímicas del almidón de miso obtenido.
- Determinar las propiedades funcionales del almidón de miso obtenido: índice de absorción de agua, índice de solubilidad, poder de hinchamiento, viscosidad, temperatura de gelatinización por análisis de calorimetría diferencial de barrido (DSC).

CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA

2.1 Obtención de las raíces tuberosas de miso

Las raíces tuberosas de miso se obtuvieron de una chakra (parcela familiar junto a la vivienda) de agricultores que lo sembraban y conservaban en la provincia de Pichincha, cantón Pedro Moncayo, comunidad de Cubinche, esto se visualiza en el Anexo 1. El certificado de la identificación taxonómica del miso se muestra en el Anexo 2. A continuación, en la Tabla 4 se detallan las características agroclimáticas del lugar de recolección de la muestra:

Tabla 4

Características agroclimáticas de la comunidad de Cubinche.

Características agroclimáticas	Descripción
Altitud	2800 m.s.n.m.
Temperatura media anual	16.5 °C
Precipitación anual	46.41 mm
Humedad media	79%
Tipo de suelo	Franco/Franco arenoso

Fuente: Nevárez (2020).

2.1.1 Propiedades fisicoquímicas de las raíces tuberosas de miso

2.1.1.1 Determinación de actividad de agua

Esta determinación se llevó a cabo mediante el método descrito por **LabFerrer (2016)**. Se cortó en trozos pequeños las raíces tuberosas de miso y se colocó en el recipiente del equipo (AQUALAB, 4TE, EE. UU.), a continuación, se cerró la tapa del equipo y se esperó hasta obtener los resultados. Este procedimiento se evidencia en el Anexo 3.

2.1.1.2 Medición de pH

Se realizó por medio del método del potenciómetro detallado en **NTE INEN 389 (1985)**, para lo cual se licuó la muestra con agua destilada y se homogenizó agitando sutilmente. A continuación, se colocó 10 ml de muestra preparada en un vaso de precipitación de 250 ml, se añadió 100 ml de agua destilada y se agitó suavemente. Finalmente se filtró la muestra y se midió el pH del filtrado con el

potenciómetro (Mettler Toledo, G20 Compact, Alemania). Este procedimiento se evidencia en el Anexo 3.

2.1.1.3 Determinación de humedad

La determinación de humedad se realizó mediante el método de la balanza infrarroja descrito por **Fuertes (2014)**. Para lo cual se cortó la muestra en trozos pequeños y se colocaron 2g de la misma en el platillo de la balanza infrarroja, se cerró la tapa del equipo y se esperó hasta obtener los resultados. Este procedimiento se evidencia en el Anexo 3.

2.1.1.4 Determinación de °Brix

Los grados Brix se determinaron por el método de refractometría descrito por **Reyes (2017)**. Primeramente, se calibró el refractómetro colocando agua destilada en el lector del mismo y se llevó a cero, luego se trituró la muestra hasta obtener el zumo, se procedió a colocarlo en el lector del refractómetro y se leyeron los resultados. Este procedimiento se evidencia en el Anexo 3.

2.2 Extracción del almidón de miso

Se extrajo el almidón mediante el método descrito por **Vargas et al. (2016)**. Se seleccionaron las raíces tuberosas de miso, descartando las impurezas y las que estuvieron dañadas. Se lavaron, pelaron y cortaron en trozos pequeños, mismos que fueron sumergidos en una solución de metabisulfito de sodio al 0.075% (1:1), durante 5 minutos. Se retiraron de la solución de metabisulfito de sodio y se trituraron en un molino de tornillo sin fin, luego se filtró la masa obtenida en una tela muselina agregando agua para arrastrar el almidón. Lo retenido en la muselina se volvió a moler con agua en una relación 1:1, se filtró una vez más añadiendo agua para arrastrar el almidón y se mezcló con el primer filtrado. El filtrado se dejó decantar a temperatura ambiente por 4 horas hasta obtener una capa consistente de almidón en el fondo. Al finalizar la primera decantación se extrajo el sobrenadante, se agregó la mitad de agua con respecto al almidón y se dejó reposar durante 4 horas. Luego se retiró el sobrenadante y se agregó agua al almidón en relación 1:1, se dejó decantar la muestra por 4 horas y se eliminó el sobrenadante. Finalmente se depositó el almidón extraído en un papel filtro y se llevó a estufa a $45\pm 2^{\circ}\text{C}$ por 14 horas, se molió y se tamizó en un tamiz de 100

mesh. Este proceso se evidencia en el Anexo 4 y se muestra el diagrama de flujo en el Anexo 5. La Figura 2 muestra el almidón de miso (derecha) obtenido a partir de las raíces tuberosas (izquierda) de miso.



Figura 2. Almidón de miso obtenido.

El rendimiento de extracción del almidón se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ rendimiento de extracción de almidón} = \frac{(P_1 - P_0)}{P_0} * 100$$

Ecuación 1. Porcentaje de rendimiento de extracción del almidón.

P_0 = masa inicial de la muestra fresca

P_1 = masa final de la muestra seca

2.3 Caracterización fisicoquímica del almidón

2.3.1 Determinación de humedad y materia seca

Esta determinación se llevó a cabo mediante el método gravimétrico descrito en AOAC 925.10 (AOAC, 2016). Para ello, se limpiaron, lavaron y secaron cápsulas de porcelana en la estufa a 105°C por 30 minutos, luego de enfriarlas en un desecador se registraron sus pesos. Se colocó 5g de muestra en la cápsula previamente tarada y se llevó a la estufa a 105°C por 24 horas hasta llegar a peso constante pesando sucesivamente. Se retiró la cápsula de la

estufa con la ayuda de una pinza y se la mantuvo en una campana de desecación hasta enfriar. Finalmente se registró el peso final. Este procedimiento se evidencia en el Anexo 6. Se calculó el porcentaje de humedad mediante la siguiente ecuación:

$$\%Humedad = \frac{(P_0 - P_1)}{m} * 100$$

Ecuación 2. Porcentaje de humedad.

Donde:

P_0 = masa de la cápsula más la muestra húmeda

P_1 = masa de la cápsula más la muestra seca

m = masa de la muestra

La determinación de materia seca se determinó mediante la diferencia de la humedad como se mencionó en **Yungán (2015)**, utilizando la siguiente ecuación:

$$\%Materia\ seca = 100 - \%Humedad$$

Ecuación 3. Porcentaje de materia seca.

2.3.2 Determinación de pH

Las mediciones se llevaron a cabo mediante el uso de un pH-metro (Mettler Toledo, G20 Compact, Alemania) (Figura 3) calibrado previamente con soluciones tampón de pH 4,0 y 7,0. Se hirvió 100ml de agua destilada para eliminar el CO₂ y una vez que el agua estuvo fría se mezcló con 20g de almidón en un vaso de precipitación, luego se filtró en un papel filtro y se tomó una alícuota del filtrado para medir el pH con dos cifras decimales (**Yungán, 2015**). Este procedimiento se evidencia en el Anexo 7.



Figura 3. Potenciómetro METTLER TOLEDO G20 Compact.

2.3.3 Determinación de acidez

Se llevó a cabo mediante lo detallado en **AOAC 939.05** (AOAC, 2010). La determinación se realizó por triplicado sobre la misma muestra preparada, para ello se pesaron 10g de almidón, se homogenizó con 40ml de agua destilada y se filtró en un vaso de precipitación de 100ml. Luego, el filtrado se tituló con NaOH 0.1N hasta conseguir un color rosado que persistió por 30s. Este procedimiento se evidencia en el Anexo 7. Se leyó en la bureta el volumen de NaOH gastado y se calculó la acidez titulable del almidón mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Acidez} = \frac{V(\text{NaOH}) * N(\text{NaOH}) * F}{P} * 100$$

Ecuación 4. Porcentaje de acidez.

Donde:

V = volumen gastado de NaOH (ml)

N = normalidad de NaOH

F = factor del ácido predominante

P = masa de la muestra (g)

2.3.4 Determinación de ceniza por método gravimétrico

Se efectuó mediante la metodología de incineración descrita en AOAC 930.15 (2000). Para ello se lavaron y secaron crisoles a 60°C por 1 hora y

luego se enfriaron en un desecador. Después se pesó el crisol, se adicionó 2g de muestra seca y se llevó a la mufla a una temperatura de 600°C durante 6-8 horas hasta que la muestra estuvo de color grisáceo-pardo. Finalmente se retiró de la mufla, se enfrió en el desecador y se pesó cuando estuvo frío. Este procedimiento se evidencia en el Anexo 8. El contenido de ceniza se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{Ceniza} = \frac{Pt}{Po} * 100$$

Ecuación 5. Porcentaje de ceniza.

Donde:

Pt = masa del crisol con la muestra incinerada

Po = masa del crisol con la muestra inicial

2.3.5 Determinación de proteínas por el método Kjeldahl

El análisis de proteína se realizó en el Laboratorio de Control y Análisis de Alimentos LACONAL, mediante la técnica Kjeldhal, empleando el método **AOAC 2001.11 (AOAC, 2019)**, bajo las siguientes condiciones ambientales 20,6°C y 51,0% de humedad relativa, este análisis se evidencia en el Anexo 9.

2.3.6 Determinación de grasa mediante el método Soxhlet

El análisis de grasa se realizó en el Laboratorio de Control y Análisis de Alimentos LACONAL, mediante el método Soxhlet, empleando el método **AOAC 2003.06 (AOAC, 2019)**, bajo las siguientes condiciones ambientales 20,6°C y 51,0% de humedad relativa, este análisis se evidencia en el Anexo 9.

2.3.7 Determinación de fibra cruda

El análisis de fibra cruda se realizó en el Laboratorio de Control y Análisis de Alimentos LACONAL, mediante el método Soxhlet, empleando el método descrito en **NTE INEN 522 (1980)**, bajo las siguientes condiciones

ambientales 20,6°C y 51,0% de humedad relativa, este análisis se evidencia en el Anexo 9.

2.3.8 Almidón total

El análisis de almidón total se realizó en el Laboratorio de Servicio de Análisis e Investigación de Alimentos, Departamento de Nutrición y Calidad-Estación Experimental Santa Catalina-INIAP, empleando el método descrito por **Morrison y Laignelet, (1983)** citado en **Loor (2008)**, este análisis se evidencia en el Anexo 10.

2.3.9 Contenido de amilosa

El análisis del contenido de amilosa se realizó en el Laboratorio de Servicio de Análisis e Investigación de Alimentos, Departamento de Nutrición y Calidad-Estación Experimental Santa Catalina-INIAP, empleando el método descrito por **Goñi y García (1977)** citado en **Casarrubias (2010)**, este análisis se evidencia en el Anexo 10.

2.4 Determinación de la pureza del almidón extraído

Se llevó a cabo mediante la diferencia de los otros componentes contenidos en el almidón como fibra cruda, proteína, materia grasa y ceniza, mismos que se determinaron en los análisis proximales llevados a cabo anteriormente (**Meaño et al., 2014**).

La pureza del almidón se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Pureza del almidón} = 100 - (FC - P - G - C)$$

Ecuación 6. Porcentaje de pureza del almidón.

Donde:

FC = porcentaje de fibra cruda en el almidón

P = porcentaje de proteína en el almidón

G = porcentaje de grasa en el almidón

C = porcentaje de ceniza en el almidón

2.5 Propiedades funcionales

2.5.1 Determinación de índice de absorción de agua, índice de solubilidad y poder de hinchamiento

Se realizó mediante la técnica detallada por **Anderson et al. (1969)** como se citó en **Yungán (2015)**. Se pesaron tubos de centrífuga secados a 60°C. En cada tubo se pesó 1.25g de almidón, se añadió 30ml de agua destilada precalentada a 60°C y se agitó sutilmente. Luego se colocó en un baño maría (WiseBath, WB-6, EE. UU.) a 60°C por 30 minutos y se agitó la suspensión a los 10 minutos. Se retiraron del baño maría los tubos con la suspensión y se colocaron en la máquina centrífuga en donde se centrifugó a 4900rpm por 30 minutos. Se decantó el sobrenadante de manera inmediata luego de centrifugar (máximo un minuto después) y se midió el volumen. Se tomó 10ml del sobrenadante y se colocó en un vaso de precipitación pesado previamente. Después se secó el sobrenadante en un horno por 12 horas a 70°C. Luego se pesó el tubo de la centrífuga con el gel, así como el vaso de precipitación con los insolubles. El mismo procedimiento se repitió para temperaturas de 70°C, 80°C y 90°C. Este procedimiento se evidencia en el Anexo 11. Las ecuaciones para calcular dichas determinaciones fueron las siguientes:

$$\text{Índice de absorción de agua} = \frac{\text{Masa del gel (g)}}{\text{Masa muestra (g)}}$$

Ecuación 7. Índice de absorción de agua.

$$\text{Índice de solubilidad en agua} = \frac{\text{Masa solubles (g)} * V * 10}{\text{Masa muestra (g)}}$$

Ecuación 8. Índice de solubilidad en agua.

Donde:

$V = \text{volumen del sobrenadante}$ después de la centrifugación

Poder de hinchamiento (PH)

$$= \frac{\text{Masa del gel (g)}}{\text{Masa muestra (g)} - \text{Masa solubles (g)}}$$

Ecuación 9. Poder de hinchamiento.

2.5.2 Análisis de viscosidad mediante RVA

La medición de la viscosidad se llevó a cabo mediante la técnica propuesta por la **AACC (2000)** como se citó en **Amaya (2010)**. Para ello se prepararon suspensiones de almidón según las especificaciones otorgadas por el software del equipo dependiendo de la humedad del almidón y se transfirieron al analizador rápido de viscosidad (RVA, por sus siglas en inglés) (Figura 4). El equipo se programó en un rango de temperaturas desde 50°C hasta 95°C. Luego se registraron los resultados otorgados por el equipo (RVA PERTEN, Super4, EE. UU).



Figura 4. Analizador rápido de viscosidad (RVA PERTEN).

2.5.3 Temperatura de gelatinización por análisis de calorimetría diferencial de barrido (DSC)

Según **Sandoval et al. (2004)** mediante la calorimetría diferencial de barrido (DSC, por sus siglas en inglés) se puede obtener datos de entalpía y temperaturas de transición vítrea en función de la temperatura de

calentamiento, mediante las cuales se puede identificar los cambios en sus características térmicas a consecuencia de tratamientos combinados de calor y humedad. Para ello, se pesaron de 3 a 5mg de almidón en crisoles de aluminio tarados previamente, luego se tapó el crisol y se prensó junto con muestra, se colocó el crisol con la muestra en el equipo (Mettler Toledo, DSC 3, EE. UU.) y se realizó un barrido de la muestra con una velocidad de calentamiento de 10 °C/min, aplicando temperaturas de 30 a 100°C. A partir de los resultados del termograma se determinó la temperatura inicial (T_i), temperatura pico (T_p), temperatura final (T_f) y la entalpía de gelatinización (ΔH_g).

CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis y discusión de los resultados

3.1.1 Materia vegetal

Las raíces tuberosas del miso estudiado presentaron una forma cilíndrica e irregular alargada, con superficie rugosa, tal como se muestra en la Tabla 5.

El morfotipo de miso empleado para la extracción del almidón fue el nativo, el cual **Morillo (1998)** menciona que se caracteriza por poseer flores blancas y raíces amarillas. Las raíces de miso fueron cosechadas en el mes de octubre del 2022, en temporada de verano.

Tabla 5

Miso procedente de la provincia Pichincha, cantón Pedro Moncayo, comunidad de Cubinche.



Forma	Cilíndrica irregular alargada
Superficie	Rugosa
Color externo	Amarillo oscuro
Color interno	Amarillo opaco

Fuente: Manzanillas (2018).

3.1.2 Análisis fisicoquímicos de la materia prima

Las características fisicoquímicas de los cultivos andinos se encuentran directamente relacionadas con el grado de madurez, la variedad, las condiciones ambientales y de

almacenamiento de las mismas. De tal forma que, las raíces una vez cosechadas deben ser procesadas máximo a las 48 horas para evitar su deterioro fisiológico o microbiano, ya que el tiempo es un factor importante en la producción de almidón de alta calidad, mientras más corto sea este, desde la cosecha de las raíces hasta el secado del almidón, el mismo será de más calidad (**Aristizábal & Sánchez, 2007**). En la Tabla 6 se muestran los resultados de los análisis fisicoquímicos de las raíces tuberosas de miso, los cuales pueden verse influenciados por distintos factores como el clima, ubicación geográfica, entre otros (**López, 2019**).

La actividad de agua en el miso fresco es de 0.97, el cual es un valor alto, por lo que es evidente que es propenso al pronto deterioro durante su almacenamiento, esto debido a que la actividad acuosa de un alimento es la cantidad de agua disponible que existe en el mismo, cuanto mayor sea este valor más elevadas son las posibilidades para que se propicien distintas reacciones químicas y bioquímicas que están estrechamente relacionadas con el deterioro de los alimentos (**Doporto et al., 2012**).

El valor de pH obtenido fue de 6.18, lo que indica que es ligeramente ácido, este resultado es semejante al obtenido por **López (2019)**, para los tubérculos de oca y las raíces tuberosas de camote que presentaron un pH de 5.2 y 6.31 respectivamente. El pH indica la concentración de iones hidrógeno y su relación con el deterioro de alimentos durante su conservación en donde se producen cambios por reacciones enzimáticas y el desarrollo de microorganismos (**Tantaquilla & Cueva, 2004**). .

La humedad que presentó el miso fue de 58.64%, valor cercano a lo reportado por **Espín et al. (1999)** para las raíces frescas de miso que fue de 61.94% . Por otro lado, considerando otros tubérculos, **Yáñez (2019)** reporta una humedad de 77.5% para la papa fresca y **López (2019)** obtuvo valores de humedad para la oca y camote de 53.6 % y 70.03% respectivamente. **Barrera et al. (2004)** indican que el valor de humedad en los tubérculos frescos puede llegar hasta un 85%, no obstante, esto depende de la variedad del cultivo, condiciones de almacenamiento y otros factores.

Respecto a los grados Brix ² el presente estudio obtuvo para el miso 13.6 °Brix semejante a lo reportado por **Morillo (1998)** que señala que las raíces amarillas

² cantidad de sólidos solubles presentes expresados en porcentaje de sacarosa, dentro de los cuales se encuentran los azúcares, los ácidos y las sales (**Silva, 2019**).

frescas de miso presentan 13.9 °Brix. En la literatura, para tubérculos como la mashua y la oca, expuestas al sol para un endulzamiento natural, se han reportado hasta 17°Brix (Silva, 2019), mientras que López (2019) afirma que tubérculos como el camote contienen de 7 a 12°Brix y, estos resultados sugieren que se encuentra en un estado óptimo para la obtención de almidón, ya que en tubérculos como la papa, al lapso de un largo tiempo de almacenamiento aumenta el contenido de azúcares debido a la hidrólisis del almidón, lo que significaría un menor rendimiento en la extracción del almidón (Castro, 2008).

Tabla 6

Caracterización de la materia prima.

Parámetro	Valor
Actividad de agua (aw)	0.97 ± 0.003
pH	6.18 ± 0.006
Humedad (%)	58.64 ± 1.14
°Brix	13.6 ± 0.15

Nota: los valores presentados son el promedio de tres repeticiones ± desviación estándar realizados en los Laboratorios de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología. Fuente: Elaboración propia.

3.1.3 Rendimiento de extracción del almidón

En la Tabla 7 se presenta el rendimiento que se obtuvo en la extracción del almidón de miso, el cual fue de 8.56%. Espín et al. (1999) reportan un rendimiento de almidón de miso de 12.23%, esto indica que el rendimiento de extracción de almidón obtenido en el presente trabajo es bajo, no obstante, en comparación con el rendimiento reportado por Meaño et al. (2014) sobre extracción del almidón de ñame 7.44%, es relativamente mayor.

Morillo (1998) señala que en el Banco de Germoplasma del INIAP existen algunas accesiones de miso, de las cuales 10 son nativas y una es introducida (proveniente del departamento de Cajamarca, Perú). El morfotipo del cual se extrajo el almidón fue un nativo, según el mismo autor, es el que más rendimiento de producción en campo tiene, aunque existen diferencias significativas en el contenido de almidón entre accesiones

nativas, por lo que la accesión de miso empleada pudo influir en el rendimiento de extracción del almidón y sería necesario ensayar otros métodos de extracción con la finalidad de mejorar el rendimiento (Espín et al., 1999).

Según Aristizábal & Sánchez (2007) el rendimiento de extracción del almidón depende de la escala de manufactura con la cual se obtenga el mismo, así, en la yuca a escala artesanal, la eficiencia de extracción es de 17-20%, a mediana escala (semimecanizada) varía de 17-25% y a gran escala (mecanizada) fluctúa de 27-33%. Además, Cobana & Antezana (2007) mencionan que en el rendimiento de extracción del almidón influyen los factores de humedad de la premolienda, tiempo de molienda y la velocidad de rotación del tamizado, siendo las mejores condiciones: 20%, 30 minutos y 140 r.p.m. respectivamente. El almidón obtenido en el presente trabajo se procesó a escala artesanal, empleando un molino manual, por lo cual no fue posible controlar el tiempo de la molienda ni la velocidad del tamizador, además que las pérdidas de materia prima en este proceso fueron considerables, lo que pudo afectar en el rendimiento de extracción.

Tabla 7

Rendimiento de extracción del almidón de miso.

Materia prima	Masa MP (kg)	MP sin corteza (kg)	Masa corteza (kg)	Rendimiento MP (%)	Masa almidón (kg)	Rendimiento almidón (%)
Raíces tuberosas de miso (MP)	6.93	5.25	1.73	75.71	0.45	8.56

Nota: se presenta el rendimiento de extracción del almidón de miso en relación a la parte comestible, realizado en los Laboratorios de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología. Fuente: Elaboración propia.

3.1.4 Características fisicoquímicas del almidón de miso

Los resultados obtenidos de las características fisicoquímicas del almidón de miso se muestran en la Tabla 8. En cuanto a materia seca, presentó un valor de 88.20%.

Aristizábal & Sánchez (2007) manifiestan que el contenido de materia seca en almidones debe estar comprendido entre 87-90%, sumado a esto, los almidones que presentan contenidos de materia seca mayores a 90% dan indicios de condiciones de secado severo, mientras que, almidones con contenidos de materia seca inferiores a 87% indican la probabilidad de contaminación por hongos u otros microorganismos. El valor obtenido en el presente estudio está dentro del rango señalado por los autores y es un primer indicio para aseverar que dicho almidón es de buena calidad.

El valor de humedad del almidón de miso fue de 11.80%. **Meaño et al. (2014)** reportan una humedad de 11.29% para el almidón de ñame, mientras que, **Aristizábal & Sánchez (2007)** mencionan que el contenido de humedad en el almidón de yuca debe estar en un rango de 10-13%, ya que en almidones con humedad inferior a 10% se produce una pérdida significativa durante el envasado por la alta concentración de almidón extremadamente seco que se dispersa como polvo fino en el aire y en almidones superiores a 13% aumenta la probabilidad de proliferación de microorganismos que lo deterioran. Con base en los anteriores datos es importante resaltar que el almidón de miso obtenido tiene una humedad aceptable, ya que tiene un valor cercano al señalado por los autores como adecuado.

El contenido de cenizas en un almidón puede proveer una estimación de la calidad del mismo, debido a que un alto contenido de cenizas dan indicios de que hubo contaminación, por lo que el contenido de cenizas en el almidón no debe exceder de 0.12% (**Aristizábal & Sánchez, 2007**). Para el caso del almidón de miso, en el presente estudio, el valor obtenido de ceniza fue de 0.23%, el cual es superior al mencionado por **Aristizábal & Sánchez (2007)**, lo que indicaría una posible contaminación en el proceso, aunque **Meaño et al. (2014)** reportan un contenido de cenizas de 0.21% para el almidón de ñame, valor similar al obtenido en el presente trabajo.

El pH indica la concentración de iones hidrógeno y con ello, la medida de acidez o alcalinidad de una muestra, de este modo, el pH es inferior a 4 cuando ocurre una fermentación ácida mientras que, el valor del pH incrementa por el crecimiento de hongos que liberan amoníaco, por lo que, el valor de pH en un almidón nativo debe estar comprendido en un rango de 6.0-6.5 (**Aristizábal & Sánchez, 2007**). En el

presente estudio, el valor de pH en el almidón de miso fue de 6.07, el cual es similar al reportado por **Aristizábal & Sánchez (2007)**.

La acidez titulable es una medida de la cantidad de ácido presente en una muestra, en este caso, en el miso sobresale el ácido oxálico, ya que según **Barrera et al. (2004)** los tubérculos amargos contienen hasta 500ppm de ácido oxálico. El contenido de acidez del almidón de miso fue de 0.006% en ácido oxálico. **López (2019)** reporta un valor de acidez de 0.15% en ácido oxálico para la oca fresca, el cual disminuye en un 75% al ser sometida a un proceso de secado. Por otro lado, Ore et al. (2020) obtuvieron un valor de acidez de 0.17% en ácido oxálico para la harina de oca, lo que pudo deberse a la variedad de oca utilizada. El bajo valor de acidez del almidón de miso obtenido cumple lo afirmado por **López (2019)** debido, probablemente, al proceso de secado.

En cuanto la grasa y proteína, para el miso en el presente estudio, los valores obtenidos fueron de 0.30% y 0.75% respectivamente. **Meño et al. (2014)** reportan valores de grasa y proteína en el almidón de ñame de 0.21% y 0.29% respectivamente, de los cuales, el contenido de grasa es cercano al reportado por los autores, mientras que el contenido de proteína es superior, por otro lado, **Aristizábal & Sánchez (2007)** señalan que el contenido de proteína en el almidón no debe exceder al 0.4% ya que valores altos de proteína indican un proceso de extracción de almidón no eficiente, el valor de proteína en el almidón de miso obtenido es superior a 0.4% por lo que da indicios de que el proceso de extracción del almidón no fue eficiente.

Según **Aristizábal & Sánchez (2007)** la calidad del almidón en cuanto a su contenido de fibras e impurezas depende del tamiz que se utilice, siendo el más adecuado de el de 100 mesh o más, por lo que un almidón de buena calidad no debe exceder al 0.3% de fibra. El contenido de fibra cruda en el almidón de miso fue de 0.25%, valor inferior al límite superior especificado anteriormente por los autores, por lo que, considerando el contenido de fibras, se puede decir que es un almidón de buena calidad.

El miso presentó un valor de 48.36% de almidón total, el cual es superior a lo reportado por **Manzanillas (2018)** para camotes de variedades anaranjado, blanco y morado, los cuales fueron de 25.80%, 27.86% y 25.12% respectivamente.

El valor de amilosa en el almidón de miso fue de 26.44%, lo cual es ligeramente superior al valor obtenido por **Espín et al. (1999)** de 21% para el mismo producto. Dicho contenido es bajo en comparación con el contenido de amilosa en camotes de variedades anaranjado, blanco y morado reportado por **Manzanillas (2018)**, los cuales fueron de 35.04%, 39.04% y 39.70% respectivamente. Por otro lado, **Taggart (2004)** citado en **Aristizábal & Sánchez (2007)** menciona que el contenido de amilosa en la yuca es de 25% y de la papa de 20%, valores cercanos a los obtenidos en el presente trabajo. La importancia de la cuantificación del contenido de amilosa en el procesamiento de alimentos y su calidad radica en que éste afecta las propiedades de gelatinización, retrogradación, el poder de hinchamiento y la susceptibilidad enzimática de los almidones (**Meaño et al., 2014**).

El contenido amilopectina en el almidón de miso, en el presente estudio, fue de 73.56%, valor cercano al obtenido por los autores en la extracción de almidón de yuca por vía seca, así como al obtenido por **Espín et al. (1999)** de 79%. El contenido de amilopectina en el almidón es importante, debido a que cuanto mayor sea el contenido de este constituyente el producto resulta más adhesivo, lo cual hace que se pueda utilizar como un agente espesante, adhesivo y estabilizante tanto en la industria alimentaria como en otras industrias (**Cobana & Antezana, 2007**), estos mismos autores reportan un contenido de 71.67% de amilopectina en almidón de yuca extraído por vía seca, y de 83.57% por vía húmeda.

Tabla 8*Características fisicoquímicas del almidón de miso.*

Parámetros	Valor
Materia seca (%)	88.20 ±0.05*
Humedad (%)	11.80 ±0.05*
Cenizas (%)	0.23 ±0.03*
pH	6.07 ±0.01*
Acidez (% de ácido oxálico)	0.006±0.003*
Grasa (%)	0.30±0.008**
Proteína (%)	0.75±0.007**
Fibra cruda (%)	0.25±0.005**
Almidón total (%) ³	48.36
Amilosa (%) ³	26.44
Amilopectina (%) ³	73.56

* Análisis con media de tres repeticiones ± desviación estándar realizados en los Laboratorios de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología. ** Análisis con media de dos repeticiones ± desviación estándar realizados por LACONAL. Fuente: Elaboración propia.

3.1.5 Pureza del almidón

El valor de la pureza del almidón se muestra en la Tabla 9, el cual fue de 98.47%, valor cercano al obtenido por **Meaño et al. (2014)** quienes reportan una pureza de almidón de ñame mediante la diferencia de los otros componentes de almidón de 99.29%, lo cual es un indicativo que es un almidón de alta pureza, este parámetro es importante ya que influye en las propiedades del almidón, pues éstas pueden verse afectadas por impurezas presentes.

Tabla 9*Pureza del almidón de miso.*

Parámetro	Valor
Pureza de almidón (%)	98.47*

* Obtenido mediante la diferencia de los otros componentes contenidos en el almidón: fibra cruda, proteína, materia grasa y ceniza. Fuente: Elaboración propia.

3.1.6 Propiedades funcionales

3.1.6.1 Índice de Absorción de agua

El índice de absorción de agua (IAA) explica el potencial de hidratación de los almidones reflejado en la capacidad de absorber agua de los gránulos de almidón dependiendo del tamaño de sus partículas a medida que se aumenta la temperatura (Aristizábal & Sánchez, 2007).

En la Tabla 10 se muestran los resultados del índice promedio del IAA del almidón de miso, el cual estuvo comprendido en un rango de 3.23- 10.65 g agua/g muestra en un intervalo de 60°C a 90°C. Aristizábal & Sánchez (2007) reportan valores de IAA para el almidón de yuca entre 0.82 y 15.52 g agua/ g muestra y mencionan que almidones de buena calidad tienen una alta absorción de agua. El almidón obtenido en el presente trabajo se encuentra dentro del rango de IAA mencionado por los autores, lo que da indicios de la buena calidad del mismo.

Como se observa en la Figura 5, el IAA aumenta en cuanto se incrementa la temperatura, de este modo, presenta un bajo IAA a 60°C e incrementa a partir de los 70°C, alcanzando el valor máximo de IAA a los 90°C. El incremento del IAA es una propiedad funcional deseable en los almidones, no obstante, al superar el límite máximo de absorción de agua se inicia un proceso de dextrinización (De la Rosa, 2009).

Tabla 10

Índice de absorción de agua (IAA) del miso.

T (°C)	IAA (g agua/g muestra)
60	3.23±0.17
70	6.65±0.12
80	8.62±0.48
90	10.65±0.21

* Análisis con media de tres repeticiones ± desviación estándar realizados en los Laboratorios de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología. Fuente: Elaboración propia.

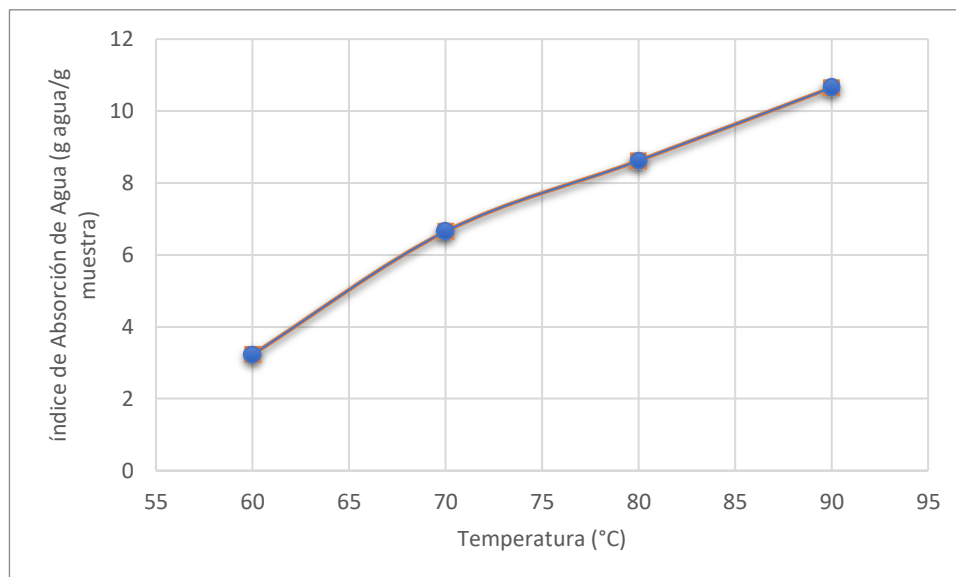


Figura 5. Índice de absorción de agua en función de la temperatura del almidón de miso. Fuente: Elaboración propia.

3.1.6.2 Índice de solubilidad en agua

El índice de solubilidad en agua (ISA) es la medida de la cantidad de amilosa que el gránulo de almidón libera de su interior cuando éste empieza a absorber agua y a consecuencia pierde su estructura (Meaño et al., 2014).

En la Tabla 11 se detallan los resultados del índice promedio de solubilidad en agua del almidón de miso, donde el ISA se encuentra comprendido entre 3.34-7.42% en un rango de temperaturas de 60°C a 90°C, los cuales son superiores a los valores de ISA reportados por Meaño et al. (2014) para el almidón de ñame en un rango similar de temperaturas de 0.48-4.89%. Por otro lado, Aristizábal & Sánchez (2007) mencionan que el valor de referencia de ISA para el almidón de yuca debe estar entre 0.27-12.32%, además que, almidones de buena calidad con alto contenido de almidón y alta viscosidad de la pasta tendrán una baja solubilidad. El almidón de miso se encuentra dentro del rango señalado por los autores, lo que indica la buena calidad del mismo.

La solubilidad es mayor en almidones de tubérculos y raíces tuberosas, caso contrario a los almidones de cereales, la cual disminuye a causa de la presencia de lípidos. Según Flores et al. (2014) la solubilidad en el almidón de avena es baja (1.2-2.8%) debido a que la amilosa que contiene actúa como diluyente e inhibe el hinchamiento, sobre todo en la presencia de lípidos con los cuales forma complejos insolubles durante el

hinchamiento y la gelatinización, aunque esta funcionalidad se requiere en ciertos alimentos para impartir consistencia y textura en los rellenos de panificación.

Como se observa en la Figura 6, el ISA aumenta en cuanto aumenta la temperatura, aunque el incremento no es significativo a temperaturas de 60°C y 70°C, no obstante, se nota el incremento a partir de los 70°C, alcanzando el máximo valor de ISA a los 90°C.

Tabla 11

Índice de solubilidad en agua (ISA) del almidón de miso.

T (°C)	ISA (%)
60	3.34±0.11
70	3.49±0.16
80	6.39±0.41
90	7.42±0.23

* Análisis con media de tres repeticiones ± desviación estándar realizados en los Laboratorios de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología. Fuente: Elaboración propia.

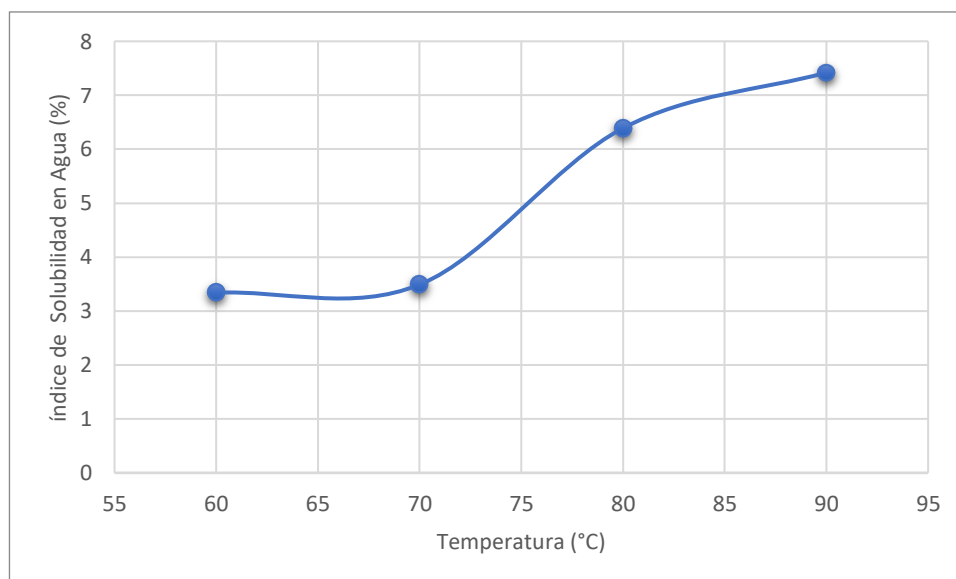


Figura 6. Índice de solubilidad en agua en función de la temperatura del almidón de miso. Fuente: Elaboración propia.

3.1.6.3 Poder de hinchamiento (PH)

En la Tabla 12 se muestra que el poder de hinchamiento del almidón de miso estuvo en un rango de 3.34% a 11.50%, valores que se encuentran dentro del rango señalado por **Aristizábal & Sánchez (2007)** para el almidón de yuca, el cual está comprendido entre 0.79% y 15.45%, según los mismos autores, los almidones de buena calidad tienen un alto poder de hinchamiento, lo que evidencia la buena calidad del almidón obtenido en el presente trabajo.

Como se observa en la Figura 7, el PH aumenta a medida que incrementa la temperatura, el incremento es progresivo, comenzando con un valor de PH bajo a 60°C y alcanzando el máximo valor de PH a los 90°C.

El poder de hinchamiento es la medida del incremento de la masa del almidón insoluble a causa de que los grupos hidroxilo que forman parte de la amilosa y amilopectina absorben agua. Un alto poder de hinchamiento y alta solubilidad en un almidón indican una baja fuerza de asociación en los gránulos, en los almidones de cereales el poder de hinchamiento es más limitado que en el de los almidones de tubérculos (**Meaño et al., 2014**).

Tabla 12

Poder de hinchamiento (PH) del almidón de miso.

T (°C)	PH (%)
60	3.34±0.18
70	6.71±0.16
80	9.21±0.54
90	11.50±0.25

* Análisis con media de tres repeticiones ± desviación estándar realizados en los Laboratorios de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología. Fuente: Elaboración propia.

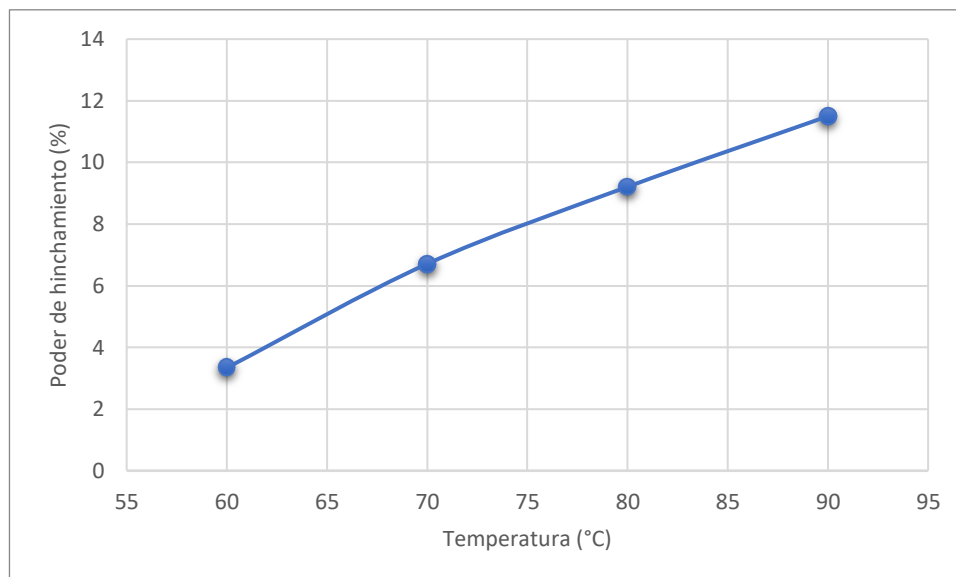


Figura 7. Poder de hinchamiento en función de la temperatura del almidón de miso. Fuente: Elaboración propia.

3.1.6.4 Análisis de viscosidad mediante RVA

La viscosidad es la resistencia del fluido a fluir, este parámetro puede ser medido en el Rapid Visco Analyzer (RVA), el cual es un viscosímetro rotacional que registra continuamente la viscosidad de una muestra en condiciones de temperatura controlada y combinado con el programa Thermocycline para Windows (TCW) puede calentar y enfriar muestras a través de más de 100 rangos de temperatura durante periodos que van desde segundos hasta horas, lo que le permite analizar una amplia gama de materiales y extraer información de manera rápida (**Graham & Andrew, 2007**).

En la Tabla 13 se muestran los resultados obtenidos mediante el análisis de viscosidad mediante el RVA, los mismos que se evidencian en el Anexo 12. La viscosidad aparente en el almidón de miso fue de 1426.5 centipoises (cP), **Aristizábal & Sánchez (2007)** mencionan que el valor de la viscosidad en el almidón de yuca varía entre 840-1500 (cP), lo que indica que el valor de viscosidad obtenido en el presente trabajo está dentro del rango señalado por los autores. Además, la temperatura de pasta fue de 68.65°C, esta temperatura indica el tiempo que requiere un almidón para su cocción, mientras menor sea dicha temperatura, menor será el tiempo de cocción (**Meaño et al., 2014**).

Del mismo modo, en la Tabla 13 se observa el valor de la inestabilidad del gel (*breakdown*), el cual fue de 171 cP. **Montoya & Quintero (2014)** mencionan que entre menor sea la diferencia entre viscosidad máxima y la viscosidad mínima, los almidones son más estables en la fragmentación mecánica, el valor de *breakdown* del almidón de miso es menor al valor de *breakdown* del almidón de plátano (285cP) reportado por **Montoya & Quintero (2014)** por lo que se puede decir que el almidón de miso es más estable a la fragmentación mecánica.

El valor de asentamiento o *setback* del almidón de miso fue de 538 cP, un valor bajo en comparación con el valor de setback reportado por **Espinosa (2009)** como se citó en **Montoya & Quintero (2014)** para el almidón de plátano de 1417 cP, el cual es un valor alto, lo que indica que dicho almidón tiende a sufrir retrogradación y esta cualidad permite a los almidones utilizarlos como gelificantes en distintas industrias, principalmente en las alimentarias.

Tabla 13

Resultados obtenidos del almidón de miso mediante RVA.

Parámetro	Valor
Viscosidad (cP)	1426.5±26.16
Temperatura de pasta (°C)	69.0± 0.46
Breakdown (cP)	161.0 ± 14.14
Setback (cP)	560.5±31.82

* Análisis con media de tres repeticiones ± desviación estándar realizados en los Laboratorios de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología. Fuente: Elaboración propia.

3.1.6.5 Temperatura de gelatinización por análisis de calorimetría diferencial de barrido (DSC)

Según **Aristizábal & Sánchez (2007)** los gránulos de almidón no son solubles en agua fría pero al exponerlos a altas temperaturas empieza el hinchamiento de los mismos a una cierta temperatura específica, esta es la temperatura de gelatinización, la cual, en almidones varía entre 57.5- 70°C.

En la Tabla 14 se muestra el resultado del análisis por Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC) del almidón de miso y de maíz (el termograma obtenido se muestra en el Anexo 13), donde se visualiza la temperatura inicial (Ti), temperatura pico (Tp),

temperatura final (Tf) y la entalpía de gelatinización (ΔH_g). Los valores obtenidos en el presente trabajo para el almidón de miso, Ti de 52.5°C, Tp de 71.0°C, Tf de 93.2°C y ΔH_g de 10.4 J.g⁻¹, son cercanos al rango obtenido por **Hernández et al. (2008)** para el almidón de yuca, con una Ti de 57.8°C, Tp de 65.2°C, Tf de 76.5 y ΔH_g de 10.0 J.g⁻¹, aunque tiene más similitud con lo reportado por **Manzanillas (2018)** que obtuvo una Ti de 54.8°C, Tp de 80.8°C, Tf de 90.0 y ΔH_g de 16.5 J.g⁻¹ para el camote blanco.

Estos parámetros permitieron establecer que el almidón de miso inicia su proceso de gelatinización a 52.5°C, alcanzando su mayor grado de gelatinización a 71.0°C y finalizando dicho proceso a 93.2°C con una entalpía de gelatinización de 10.4 J.g⁻¹. Almidones con presencia de cadenas largas de amilopectina así como de mayor orden molecular y mayor cantidad de cristales requieren mayor energía para disociarlas, pues la entalpía de gelatinización es una medida general de la cristalinidad (calidad y cantidad de los cristales) del gránulo de almidón y es un indicador de la pérdida del orden molecular en el gránulo según **Tester y Morrison (1990)** citado en **De la Rosa (2009)**.

Del mismo modo, en la Tabla 14 se muestran los resultados obtenidos mediante ensayos en DSC del almidón de maíz, los cuales estuvieron cercanos a los obtenidos en el almidón de miso, al mismo tiempo que fueron semejantes a lo reportado por **De la Rosa (2009)** para el almidón de una variedad de maíz azul con una Ti de 61.5°C, Tp de 73.7°C, Tf de 78.9 y ΔH_g de 12.1 J.g⁻¹. **Montoya & Quintero (2014)** reporta un a Tp de 72°C y una Tf de 91.74°C y una ΔH_g de 2.291 J.g⁻¹, en base a esos resultados sugieren que dicho almidón es fácil de cocinar y que requiere menor consumo de energía durante su cocción. El almidón de maíz presentó valores similares a los obtenidos para el almidón de plátano en cuanto a la temperatura de gelatinización, aunque difiere en la entalpía del proceso, lo que significaría que requiere un mayor consumo de energía para su cocción.

Evidentemente el almidón de miso presenta parámetros de gelatinización ligeramente superiores al almidón del maíz, lo que permitiría darle una de las principales aplicaciones industriales que se le da a los almidones como aditivo alimentario, actuando como agentes gelificantes, viscozantes, emulsionantes y estabilizantes que

permiten aumentar el rendimiento en la elaboración de productos procesados (Martínez, 2004).

Tabla 14

Parámetros de gelatinización (DSC) de almidones de miso y maíz.

Muestra		T_i (°C)	T_p (°C)	T_f (°C)	ΔH_g (J.g⁻¹)
Almidón de miso		52.5±0.35	71.0±0.5	93.2±0.5	10.4±0.5
Almidón de maíz		50.6±0.5	69.8±0.5	90.7±0.5	9.8±0.5

Análisis con media de tres repeticiones ± desviación estándar realizados en los Laboratorios de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología. Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- La evaluación de las características fisicoquímicas y propiedades funcionales del almidón de miso permitió evidenciar su aptitud para utilizarse como aditivo alimentario, ya que su contenido de amilosa (26.44%) se encuentra dentro del rango especificado para almidones comerciales, siendo adecuado para productos que requieran un efecto espesante, adhesivo o estabilizante.
- El rendimiento en el proceso de extracción del almidón de miso fue de 8.56%, el cual se encuentra dentro del rango obtenido en otros tubérculos andinos, aunque podría verse influido por distintos factores como la variedad del cultivo, el clima y el tipo de suelo en el que se desarrolló el producto, la escala de manufactura a la que se procese, humedad de la premolienda, tiempo de molienda, velocidad de rotación del tamizador, entre otros.
- Las características fisicoquímicas del almidón de miso como: materia seca, humedad, pH, acidez, grasa, fibra cruda y amilosa estuvieron dentro del rango de los requisitos fisicoquímicos estándares que debe tener el almidón de yuca para ser usado en el sector industrial en general, no obstante, presentó un contenido de proteína ligeramente alto (0.75%), lo que pudo deberse a que el proceso de extracción no fue suficientemente eficiente.
- Las propiedades funcionales del almidón obtenido de miso como: índice de absorción de agua, índice de solubilidad, poder de hinchamiento, viscosidad, temperatura de gelatinización por análisis de calorimetría diferencial de barrido (DSC) indican que dicho almidón es de buena calidad, ya que se acoge a los valores estándares empleados en la industria de alimentos, pudiendo utilizarse como aditivo alimentario en distintos alimentos procesados.

4.2 Recomendaciones

- Llevar a cabo la extracción de almidón de miso mediante otras técnicas distintas a las tradicionales (vía húmeda), como por ejemplo por vía seca para determinar si se consigue un mayor rendimiento de extracción o mejores propiedades fisicoquímicas, funcionales u otras.
- Efectuar el estudio del presente trabajo en diferentes accesiones de miso existentes en el Ecuador, las cuales se conservan en el Banco de Germoplasma Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), ya que podrían existir diferencias significativas en el rendimiento del almidón, además que con diferentes estudios se promovería el aprovechamiento de este tipo de cultivo que en la actualidad está siendo menos cultivado en el país debido a su escaso consumo y desconocimiento.
- Continuar con estudios de aspecto alimentario del miso, que son todavía en gran parte desconocidos como, por ejemplo, análisis de digestibilidad del almidón de miso pues, aunque un alimento contuviera alto contenido de almidón, no significa que éste pueda ser asimilado en su totalidad por el organismo humano, además, se recomienda investigar otros posibles usos para su explotación comercial, conservación y almacenamiento del mismo.
- Realizar estudios del almidón de miso usándolo como aditivo para yogur, galletas, postres, mermeladas, etc., así como la respectiva evaluación de su efecto en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de los productos.

C. MATERIALES DE REFERENCIA

Referencias bibliográficas

- Amaya, C. (2010). Propiedades fisicoquímicas y de digestibilidad de almidón de plátano (*Musa paradisiaca* L .) sometido a una modificación dual. *Instituto Politécnico Nacional*, 1–87.
- AOAC. (2016). *Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists*.
- AOAC. (2019). *Official Methods of Analysis TM, 21st Edition*. Washington, DC.
- AOAC 930.15. (2000). *Análisis Físico-Químico Proximal en Alimentos*. Official Methods of Analysis of AOAC International. Washington, DC.
- AOAC 939.05. (2010). *Official Methods of Analysis of the Association of the Official Analytical Chemists*.
- Aristizábal, J., & Sánchez, T. (2007). Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca. *Fao*, 163, 134. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-a1028s.pdf>
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2010). Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria. *Tribunal Constitucional. Ley 1, Registro Oficial 583, 7*. Recuperado de https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-10/Documento_Ley-de-soberanía-alimentaria.pdf
- Barrera, V., Tapia, C., Monteros, Á., Brito, B., Caicedo, C., & Córdova, J. (2004). *Raíces y Tubérculos Andinos: Alternativas para la conservación y uso sostenible en el Ecuador*. Recuperado de <http://www.asocam.org/sites/default/files/publicaciones/files/f1ce784ad56186d4fbec1a60f9e8e757.pdf>
- Bonete, M., Urquizo, C., Guevara, R., & Yáñez, P. (2016). *Estudio de cuatro tubérculos y raíces tuberosas no tradicionales de la sierra centro del Ecuador y su potencial uso en platos de autor*. 12, 37–67.

- Carrera, J. (2018, December 13). *El miso*. Allpa. La Voz de La Tierra. Recuperado de <https://www.allpa.org/el-miso/>
- Casarrubias, M. G. (2010). *Digestibilidad y características moleculares del almidón de plátano (Musa paradisiaca L .) y mango (Mangifera indica L .) moificados enzimáticamente*. 75.
- Castro, M. C. (2008). Evaluación de las propiedades físico - químicas y sensoriales de la patata para fritura. *Universidad de Burgos*, 25. Recuperado de <https://core.ac.uk/download/pdf/61543501.pdf>
- Cobana, M., & Antezana, R. (2007). Proceso de extracción de almidón de yuca por vía seca. *Revista Bolivariana de Química*, 24, 73–83.
- CODEX STAN 192. (1995). Norma general para los aditivos alimentarios. *Codex Alimentarius. Normas Internacionales de Los Alimentos*. Recuperado de https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B192-1995%252FCXS_192s.pdf
- De la Rosa, J. (2009). Análisis fisicoquímico, estructural y molecular de almidones de diferentes variedades de maíz azul. *Tesis de Posgrado. Instituto Politécnico Nacional*.
- Doportó, M., Dini, C., Mugridge, A., Viña, Z., & García, M. (2012). Estabilidad de ingredientes funcionales obtenidos de raíces tuberosas. *CIDCA (Centro de Investigación y Desarrollo En Criotecnología de Alimentos)*. Buenos Aires. Argentina, 425–431.
- Espín, S., Villacrés, E., & Brito, B. (1999). Caracterización Físico - Química , Nutricional y Funcional de Raíces y Tubérculos Andinos. In *Raíces Y Tubérculos Andinos Avances de Investigación*. Recuperado de <https://books.google.com.ec/books?id=jy75O2ftHvMC&pg=PA25&lpg=PA25&dq=Evaluación+y+rendimiento,+características+y+propiedades+del+almidón+de+algunas+raíces+y+tubérculos+andinos.+En+Raíces+y+Tubérculos+Andinos.+Avances+de+la+Investigación&source=bl&ots=Jf2>

- Flores, F., Lozano, F., Ramos, A., Salgado, R., Guerrero, V., Ramírez, S., Bello, L., & Zamudio, P. (2014). Caracterización fisicoquímica, reológica y funcional de harina de avena (*Avena sativa* L. cv Bachíniva) cultivada en la región de Cuauhtémoc, Chihuahua. *TECNOCENCIA*, 8, 152–162.
- Fuertes, P. (2014). Determinación de humedad en alimentos. *Universidad Zaragoza. Planta Piloto de Ciencia y Tecnología de Los Alimentos*, 1–7.
- González, G. H. (2016). Desarrollo de productos con alto contenido de almidón para la industria de alimentos. *Fundación Universitaria Agraria de Colombia – Uniagraria Cámara de Comercio de Bogotá – CCB Colciencias, October 2012*.
- Graham, C., & Andrew, R. (2007). *The RVA Handbook. Cover: RVA-Super 4, Courtesy of Newport Scientific. AACC Intencational. Minnesota, E.E.U.U.*
- Hernández, M., Torruco, J. G., Chel, L., & Ancona, D. (2008). Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. *Food Science and Technology*, 28. Recuperado de <https://doi.org/10.1590/S0101-20612008000300031>
- LabFerrer. (2016). Fundamentos de actividad de agua. *LabFerrer-Aqualab*, 1–10.
- Loor, K. (2008). *Karla A . Loor Toledo Universidad San Francisco de Quito Karla A . Loor Toledo*. 39. Recuperado de <file:///C:/Users/ADMIN/Desktop/yony incahuanaco/36.pdf>
- López, K. (2019). Desarrollo y caracterización de galletas elaboradas a partir de harina de camote (*Ipomoea batatas*), harina de zapallo (*Curcubita maxima*) y harina de oca (*Oxalis tuberosa*). *Tesis de Pregrado. Universidad Técnica de Ambato*. Recuperado de <de://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/30554/1/AL720.pdf>
- Manzanillas, L. (2018). Evaluación de las propiedades fisicoquímicas y funcionales de féculas de tres variedades de camote (*Ipomoea batata*) para aplicaciones alimentarias. *Tesis de Pregrado. Universidad Técnica de Ambato*.
- Martínez, N. (2004). Evaluación de cuatro Niveles (1.25, 2.5, 3.75 y 5.0) de Fécula

de Maíz en la Elaboración de Salchicha Vienesa. *Tesis de Pregrado. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo*. Recuperado de <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/916>

Meaño, N., Ciarfella, A., & Dorta, A. (2014). Evaluación de las propiedades químicas y funcionales del almidón nativo de ñame congo (*Dioscorea bulbifera* L.) para predecir sus posibles usos tecnológicos. *Saber. Universidad de Oriente. Venezuela*, 26(2), 182–188.

Montoya, J., & Quintero, V. D. (2014). Evaluación fisicotérmica y reológica de harina y almidón de plátano dominico hartón (*Musa paradisiaca* ABB). *Temas Agrarios*, 19(2).

Morillo, L. (1998). Análisis de polimorfismos en las colecciones de jícama (*Polymnia sanchifolia* P&E) y miso (*Mirabilis expansa* R&P) del banco de germoplasma del INIAP. *Tesis de Pregrado. Pontificia Universidad Católica Del Ecuador. Quito*. Recuperado de [https://books.google.com.ec/books?id=LIAzAQAAMAAJ&pg=PR14&dq=Análisis+de+polimorfismo+en+las+colecciones+de+jicama+\(Polymnia+sonchifolia+P+%26+E\)+y+miso+\(Mirabilis+expansa+R+%26+P.\)+del+banco+de+germoplasma+del+INIAP.&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjNtMLnhdz6AhVFh](https://books.google.com.ec/books?id=LIAzAQAAMAAJ&pg=PR14&dq=Análisis+de+polimorfismo+en+las+colecciones+de+jicama+(Polymnia+sonchifolia+P+%26+E)+y+miso+(Mirabilis+expansa+R+%26+P.)+del+banco+de+germoplasma+del+INIAP.&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjNtMLnhdz6AhVFh)

Muenala, N. (2019). Evaluación de la variabilidad genética del miso *Mirabilis expansa* Ruiz & Pav. Standley”. *Tesis de Pregrado. Universidad Técnica Del Norte*. Recuperado de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/9112/1/03-AGP-241-TRABAJO-DE-GRADO.pdf>

Nevárez, D. (2020). Plan de desarrollo y ordenamiento territorial (PDYOT) de la parroquia rural “ La Esperanza ” Cantón Pedro Moncayo Provincia de Pichincha. *GAD La Esperanza*, 1–198.

NTE INEN 389. (1985). Determinación de la concentración del ion hidrógeno. *Instituto Ecuatoriano de Normalización*, 3, 1–5.

NTE INEN 522. (1980). Harinas de origen vegetal. Determinación de la fibra cruda. *Instituto Ecuatoriano de Normalización*.

- Ore, F., Aguirre, L. L., & Ticsihua, J. (2020). Efecto del tiempo y temperatura en la deshidratación de oca (*Oxalis Tuberosa* Mol.) Mediante lecho fluidizado para la obtención de harina. *Revista Alfa*, 4(12), 200–210. Recuperado de <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v4i12.84>
- Reyes, H. (2017). *Análisis físico-químico de las hojas de eucalipto camaldulensis y su hidrolizado, como sustrato en la producción de xilitol* 1 *Physical chemical analysis of the leaves of*. 22, 76–83.
- Sandoval, A., Rodríguez, E., & Fernández, A. (2004). Aplicación del análisis por calorimetría diferencial de barrido (dsc) para la caracterización de las modificaciones del almidón. *Dyna Rev.Fac.Nac.Minas*, 72(ISSN 0012-7353), 45–53. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/dyna/v72n146/a04v72n146.pdf>
- Segura, M., & Betancur, D. (2013). *Importancia de la Modificación de Almidones en Sistemas Alimenticios: Almidones Modificados: Implicaciones Funcionales y Nutrimientales* (Editorial). Recuperado de https://books.google.com.ec/books?id=tvwLnAEACAAJ&dq=que+es+el+almidón+en+los+alimentos&hl=es&sa=X&redir_esc=y
- Seminario, J. (2004). Raíces Andinas: Contribuciones al conocimiento y a la capacitación. Aspectos etnobotánicos y productivos del chago, miso o mauka (*Mirabilis expansa* [Ruíz y Pavón] Standley). *Universidad Nacional de Cajamarca, Centro Internacional de La Papa, Agencia Suiza Para El Desarrollo y La Cooperación. Lima, Perú*. Recuperado de https://cipotato.org/wp-content/uploads/2014/09/26-Aspec_etnobot_chago_miso.pdf
- Silva, D. (2019). Aprovechamiento de cultivos andinos tradicionales infrautilizados para el desarrollo de un producto de pastelería tipo muffin. *Universidad Técnica de Ambato*, 8(5), 55.
- Suárez, L., & Mederos, V. R. (2011). Revisión bibliográfica. Apuntes sobre el cultivo de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz). Tendencias actuales. *Cultivos Tropicales*, 32(3), 27–35.

- Tantaquilla, M., & Cueva, A. (2004). Cuantificación de Macronutrientes y vitamina C e identificación de vitaminas liposolubles presentes en el tubérculo de Oxalis tuberosa Molina “oca” de caserío de Huangamarca - Otuzco - La Libertad. *Tesis de Pregrado. Universidad Nacional de Trujillo*.
- Vargas, G., Martínez, P., & Velezmoro, C. (2016). Propiedades funcionales de almidón de papa (*Solanum tuberosum*) y su modificación química por acetilación. *Scientia Agropecuaria*, 7(3), 223–230. Recuperado de <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2016.03.09>
- Yáñez, M. (2019). Estimación de la vida útil de la papa (*Solanum tuberosum*) tratada con irradiación gamma y almacenada en dos condiciones. *Tesis de Pregrado. Universidad Central Del Ecuador. Quito*. Recuperado de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/18025/1/T-UCE-0008-CQU-090.pdf>
- Yungán, Á. (2015). Efecto del método de extracción del almidón de mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pav.) en las características fisicoquímicas y reológicas. *Tesis de Pregrado. Universidad Técnica de Ambato*, 70. Recuperado de http://redi.uta.edu.ec/bitstream/123456789/15884/1/AL_587.pdf
- Zapana, J. G., Mamani, M., Escobari, F., & Zapana, J. C. (2017). Producción de raíz tuberosa en cultivo de “mauka” (*Mirabilis expansa* [Ruiz y Pavón] Standley) con aplicación de abonamiento orgánico y fertilización química en Puno - Perú. *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, 19(3), 275–284. Recuperado de <https://doi.org/10.18271/ria.2017.292>

Anexos

Anexo 1. Obtención de raíces tuberosas de miso.



Anexo 2. Certificado de identificación taxonómica del miso.



Ambato, 10 de enero del 2023

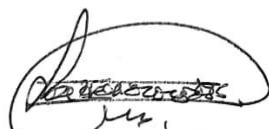
Of. 01-AMAS-2023

A QUIEN INTERESE

Por intermedio del presente me permito informar que la Srta. Vanessa Liseth Peñafiel Quilumba solicita la identificación taxonómica de una muestra botánica conocida con el nombre común de "miso". Luego de la revisión de la muestra puedo indicar que corresponde al nombre científico de *Mirabilis expansa* (Ruiz & Pav.) Standl. de la familia Nyctaginaceae. La muestra fue identificada en el Herbario Ambato Misael Acosta Solís (AMAS) de la Universidad Técnica de Ambato.

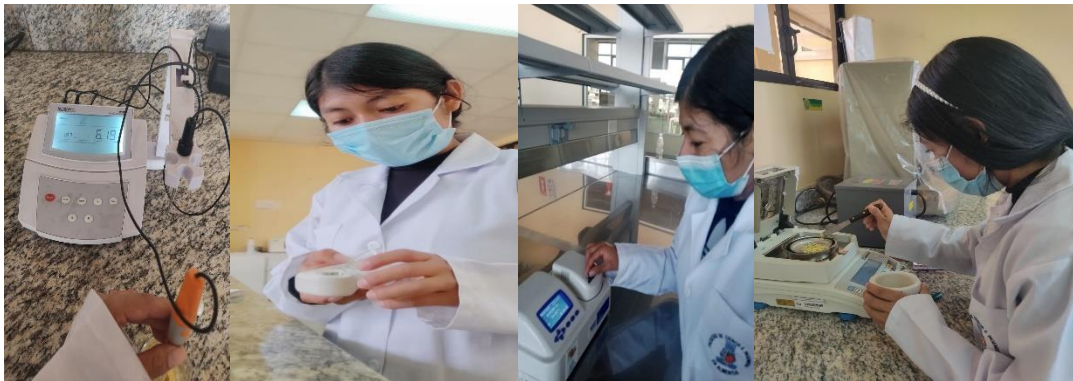
Sin otro particular, agradezco y suscribo.

Atentamente,



PhD. José Homero Vargas López
CURADOR HERBARIO (AMAS)

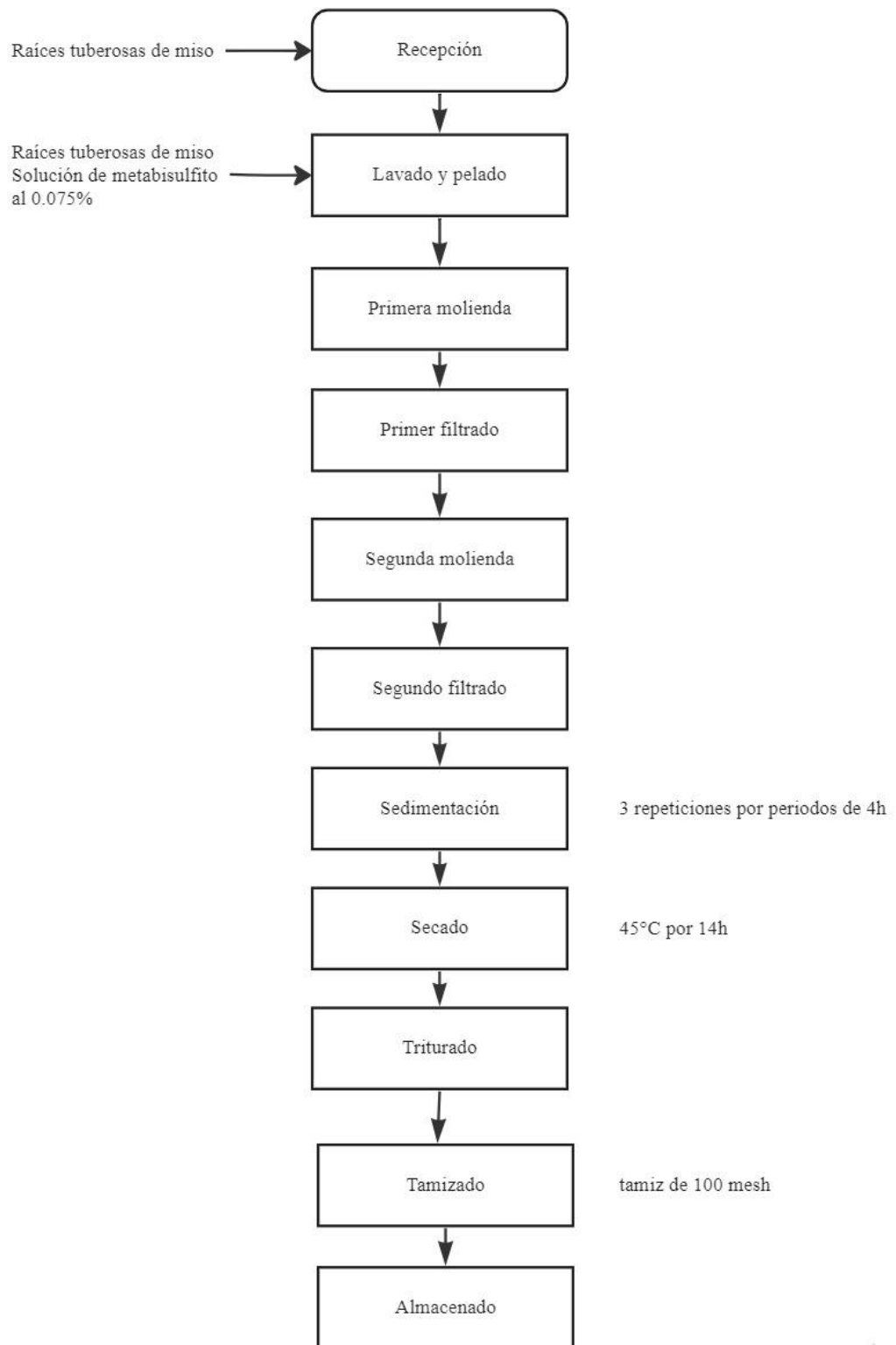
Anexo 3. Caracterización de materia prima: pH, °Brix, actividad de agua, humedad.



Anexo 4. Extracción de almidón de miso.



Anexo 5. Proceso de extracción de almidón de raíces tuberosas de miso.



miro

Anexo 6. Determinación de humedad y materia seca.



Anexo 7. Determinación de pH y acidez titulable



Anexo 8. Determinación de ceniza




Anexo 9. Resultados de análisis de grasa, proteína y fibra cruda elaborado en LACONAL.



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

CERTIFICADO DE ANALISIS DE LABORATORIO 0000834

Certificado No: 22-147		R01-7.8.03				
Solicitud N°: 22-147		Pág.: 1 de 1				
Fecha recepción: 07 de noviembre de 2022	Fecha de ejecución de ensayos: 08 al 09 de noviembre de 2022					
Información del cliente:						
Empresa:	C.I./RUC: 1754984290					
Representante: Vanessa Liseth Peñafiel Quilumba	Tif: 0984432086					
Dirección: Ambato	E mail: vpenafiel4290@uta.edu.ec					
Ciudad: Ambato						
Descripción de las muestras:						
Producto: Almidón de Miso	Peso	200g				
Marca comercial: n/a	Tipo de envase: Funda plastica					
Lote: n/a	No de muestras: una					
F. Elb.: n/a	F. Exp.: n/a					
Conservación: Ambiente: X Refrigeración: Congelación:	Almac. en Lab: 30 días					
Cierres seguridad: Ninguno: X Intactos: Rotos:	Muestreo por el cliente: 01 de noviembre de 2022					
RESULTADOS OBTENIDOS						
Muestras	Código del laboratorio	Código cliente	Ensayos solicitados/Técnica	Métodos utilizados	Unidades	Resultados
Almidón de Miso	14722297	Ninguno	Grasa Gravimetría	AOAC Ed. 21, 2019 2003.06	%	0,305
			Grasa, Gravimetría	AOAC Ed. 21, 2019 2003.06	%	0,293
			Proteína, Kjeldhal	AOAC Ed. 21, 2019 2001.11	%(Nx6,25)	0,759
			Proteína, Kjeldhal	AOAC Ed. 21, 2019 2001.11	%(Nx6,25)	0,749
			Fibra cruda, Gravimetría	INEN 522	%	0,257
			Fibra cruda, Gravimetría	INEN 522	%	0,25
Conds. Ambientales: 20,6°C; 51,0%HR						
 Ing. Gladys Risueño Directora de Calidad						
Autorización para transferencia electrónica de resultados: Si						
Fecha de emisión del certificado: 10 de noviembre de 2022						

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

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

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



Dir.: Universidad Técnica de Ambato, Campus Huachi. Av. Los chasquis y Río Payamino
Edificio Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología / Ambato - Ecuador
 (593) 32400987 ext. 5517; 5518 <http://laconal.uta.edu.ec> laconal@uta.edu.ec

Anexo 10. Resultados de análisis de contenido de almidón y amilosa elaborado en Laboratorio de Servicio de Análisis e Investigación de Alimentos, Departamento de Nutrición y Calidad-Estación Experimental Santa Catalina- INIAP.

MC-LSAIA-2201-07

	<p>INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y CALIDAD LABORATORIO DE SERVICIO DE ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN EN ALIMENTOS</p> <p><small>Panamericana Sur Km. 1. CutuglaguaTfís. 2690691-3007134. Fax 3007134 Casilla postal 17-01-340</small></p>	
-----------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------

INFORME DE ENSAYO No: 22-0147

**NOMBRE PETICIONARIO:	Srta. Vanessa Peñafiel Quilumba	**INSTITUCIÓN:	Universidad Técnica de Ambato
**DIRECCIÓN:	Ambato	**ATENCIÓN:	Srta. Vanessa Peñafiel Quilumba
FECHA DE EMISIÓN:	06/12/2022	FECHA DE RECEPCIÓN.:	23/11/2022
FECHA DE ANÁLISIS:	Del 23 de noviembre al 06 de diciembre del 2022	HORA DE RECEPCIÓN:	11H58
		ANÁLISIS SOLICITADO:	Amilosa, Almidón

ANÁLISIS	HUMEDAD	AMILOSA ^Ω	ALMIDÓN	**IDENTIFICACIÓN
MÉTODO	MO-LSAIA-01.01	MO-LSAIA-04	-	
METODO REF.	U. FLORIDA 1970	Morrison y Laignelet 1983	GONI,; GARCIA ALONSO 1977	
UNIDAD	%	%	%	
22-0712	8,03	26,44	48,36	Almidón de Miso

Los ensayos marcados con Ω se reportan en base seca.

OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente



Dr. MSc. Iván Samaniego
RESPONSABLE TÉCNICO

RESPONSABLES DEL INFORME



Quim. Verónica Arias
ANALISTA DE LABORATORIO

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.

Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo

Anexo 11. Determinación de índice de absorción de agua, índice de solubilidad y poder de hinchamiento

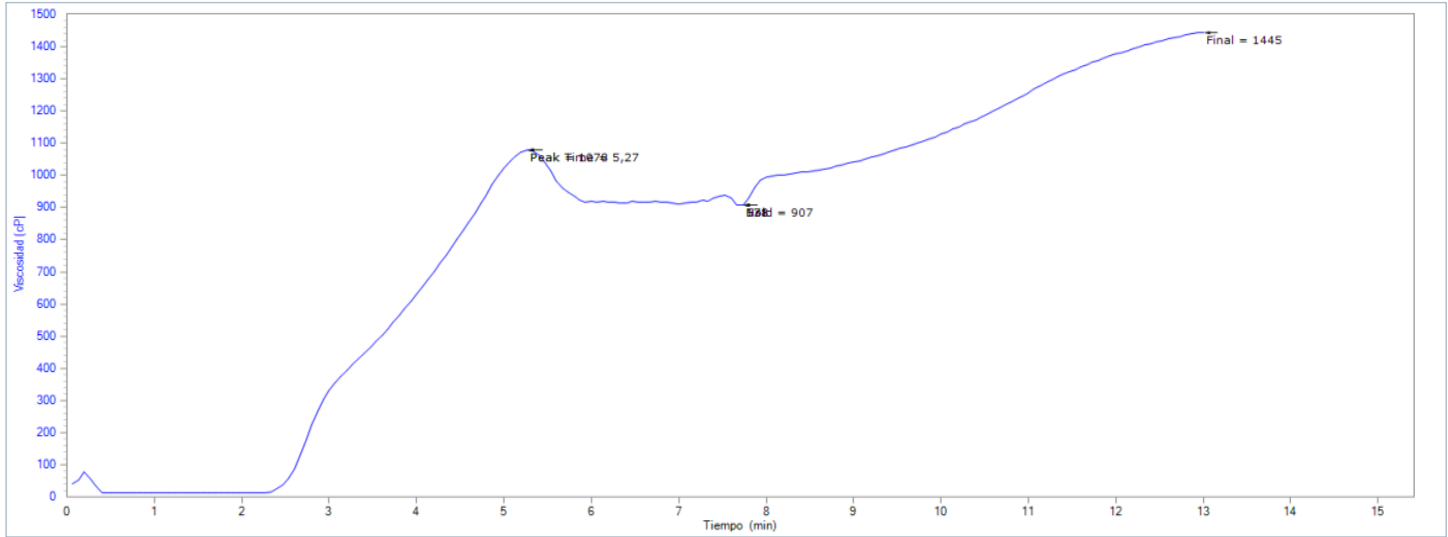


Anexo 12. Resultados obtenidos del almidón de miso mediante el RVA.

Fecha 2/12/2022 Tiempo 14:52:16 Probador ProBook 440 G7 Instrumento 2214896
 Sample Weight 2,00 (g) Water Weight 25,00 (g) Sample Moisture 11,80 (%) Moisture Basis 12,00 (%)

Resultados de prueba

Test	Peak 1	Trough 1	Breakdown	Final Visc	Setback	Peak Time	Pasting Temp
01 Almidón de Miso_3	1078,00	907,00	171,00	1445,00	538,00	5,27	68,65



Anexo 13. Termograma de almidón de miso y maíz obtenido por calorimetría diferencial de barrido (DSC).

