



Caracterización del almidón de seis líneas de camote (*Ipomoea batatas* L.), obtenido con dos métodos de extracción

Rosales Suquillo, Elena Nathaly

Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniera Agropecuaria

Ing. Vargas Arboleda, Martha Cecilia Mgtr. (Dir.)

Ing. Villacrés Poveda, Clara Elena PhD. (Codir.)

Ing. Quelal Tapia, María Belén Mgtr. (Codir.)

01 de Agosto del 2022



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Certificación

Certifico que el trabajo de titulación: **“Caracterización del almidón de seis líneas de camote (Ipomoea batatas L.), obtenido con dos métodos de extracción”** fue realizado por la señorita **Rosales Suquillo, Elena Nathaly**; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Sangolquí, 01 de Agosto del 2022



Firmado electrónicamente por:
**MARTHA CECILIA
VARGAS ARBOLEDA**

.....
Ing. Vargas Arboleda, Martha Cecilia Mgtr.

C. C. 1802119634

Resultados de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos

TESIS - Rosales Nathaly_pdf.pdf

Scanned on: 16:38 August 1, 2022 UTC



Identical Words	457
Words with Minor Changes	110
Paraphrased Words	526
Omitted Words	389



Firmado digitalmente por:
**MARTHA CECILIA
VARGAS ARBOLEDA**

Ing. Vargas Arboleda, Martha Cecilia Mgtr.

C. C. 1802119634



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Responsabilidad de Autoría

Yo, **Rosales Suquillo, Elena Nathaly**, con cédula No 1723610943, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: ***Caracterización del almidón de seis líneas de camote (Ipomoea batatas L.), obtenido con dos métodos de extracción.*** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 01 de Agosto del 2022



Rosales Suquillo, Elena Nathaly

C.C. 1723610943



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Autorización de Publicación

Yo, **Rosales Suquillo, Elena Nathaly**, con cédula de ciudadanía No, 1723610943 autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: ***Caracterización del almidón de seis líneas de camote (Ipomoea batatas L.), obtenido con dos métodos de extracción*** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Sangolquí, 01 de Agosto de 2022



Rosales Suquillo, Elena Nathaly

C.C. 1723610943

Dedicatoria

A mi madre Elena Suquillo por ser mi pilar fundamental, y que gracias a su amor, consejos y apoyo me ha permitido culminar mi carrera profesional.

A mi padre Alberto Rosales, por apoyarme en todo este trayecto de mi vida estudiantil.

A mis hermanos Mario, Carmen, Mónica y Blanca que siempre han estado junto a mí, brindándome su cariño y apoyo incondicional.

A mis amigos, por apoyarme en todo momento y por demostrarme que podemos ser grandes amigos.

Agradecimientos

A Dios por darme la fuerza y sabiduría para culminar mi carrera profesional.

Deseo expresar mi agradecimiento a mi Docente Tutora, Ing. Martha Vargas, que, por su dedicación y apoyo, permitieron llevar a cabo el desarrollo de este trabajo de investigación.

De manera muy especial quiero agradecer a las Ingenieras Elena Villacrés y María Belén Quelal por haberme recibido en el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias – INIAP, expreso mi agradecimiento inmensamente por los conocimientos impartidos, quienes con su paciencia, esfuerzo, apoyo y dedicación en cada etapa de la investigación, permitieron llevar a cabo la culminación de este trabajo.

A mis queridos padres por brindarme todo su apoyo y amor, gracias por todo lo que han hecho por mí, ustedes son lo más importante en mi vida, son mi pilar y mi fortaleza, gracias por formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores lo cual me ayudado a salir siempre adelante.

A Bryan quien fue un apoyo incondicional, en todo este proyecto, gracias de todo corazón.

Gracias a mis amigos, que siempre me han brindado su apoyo en los momentos buenos y malos, gracias por su paciencia, comprensión y solidaridad con este proyecto.

Rosales Suquillo, Elena Nathaly

Índice de contenidos

Carátula.....	1
Certificación	2
Resultados de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos.....	3
Responsabilidad de Autoría	4
Autorización de Publicación.....	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimientos	7
Índice de tablas	13
Índice de figuras.....	15
Resumen	16
Abstract.....	17
Capítulo I.....	18
Introducción.....	18
Antecedentes	18
Justificación.....	19
Objetivos	20
Objetivo general	20
Objetivos específicos	20
Hipótesis	20
Capítulo II.....	21
Marco referencial.....	21
Producción global de camote	21
Generalidades del Camote (Ipomoea batatas L.)	21
Características botánicas del camote	22

Requerimientos del cultivo	22
Variedades	22
Variedades más comunes	23
Estructuras vegetativas comestibles del camote.....	24
Usos del camote en la industria alimentaria	24
Beneficios del consumo de camote	24
Composición nutricional y funcional del camote.....	25
Composición química y proximal del camote.....	25
Calidad del almidón	26
Almidón.....	27
Estructura del almidón.....	27
Características Físicoquímicas del almidón.....	29
Gelatinización del almidón	29
Retrogradación del almidón	29
Digestibilidad del almidón	30
Características funcionales del almidón	30
Hinchamiento y Solubilidad	30
Capacidad de Retención de Agua	30
Análisis bromatológicos del almidón	31
Contenido de humedad	31
Cenizas	31
Fibra	31
Vías de extracción del almidón	32
Proceso de obtención de almidón de camote	32

Capitulo III.....	34
Materiales y métodos.....	34
Ubicación y características del área de estudio.....	34
Materiales.....	35
Materiales que se utilizó para determinar las propiedades fisicoquímicas y funcionales del almidón de camote.	35
Determinación del rendimiento	35
Determinación de Fibra cruda	35
Determinación de Ceniza.....	36
Amilosa y amilopectina.....	36
Almidón total.....	37
Almidón resistente.....	37
Digestibilidad del almidón	38
Estabilidad de almacenamiento en refrigeración.....	38
Retrogradación del almidón	39
Índice de solubilidad en agua, índice de absorción en agua y poder de hinchamiento ...	39
Métodos.....	40
Obtención de los tubérculos de camote.....	40
Método de obtención de Almidón.....	40
Variables de estudio	41
Rendimiento (%)	41
Determinación de las propiedades físico-químicas en el almidón de camote	41
Determinación de Ceniza.....	41
Determinación de Fibra cruda	42

Amilosa y amilopectina	42
Almidón total	43
Tasa de almidón digerible	44
Estabilidad del almacenamiento en refrigeración	44
Retrogradación del almidón	45
Propiedades funcionales	45
Índice de solubilidad en agua, índice de absorción en agua y poder de hinchamiento ...	45
Diseño Experimental	46
Factores y niveles evaluados	47
Análisis estadístico	48
Esquema de análisis de varianza	48
Análisis funcional	48
Capítulo IV	49
Resultados y discusión	49
Rendimiento del almidón de seis líneas de camote obtenido por dos métodos de extracción ...	49
Propiedades fisicoquímicas del almidón de camote (<i>Ipomoea batatas</i> L.) determinadas en laboratorio	52
Almidón total	53
Cenizas	56
Fibra cruda	58
Amilosa y amilopectina	61
Tasa de almidón digerible y almidón resistente	63
Estabilidad de almacenamiento en refrigeración	67
Determinación de retrogradación del almidón	69

Propiedades funcionales del almidón de camote (<i>Ipomoea batatas</i> L.) determinadas en laboratorio	72
Capítulo V.....	76
Conclusiones y recomendaciones.....	76
Conclusiones	76
Recomendaciones.....	77
Bibliografía.....	78

Índice de tablas

Tabla 1 Clasificación taxonómica del camote.....	21
Tabla 2 Composición química y proximal de tubérculos de camote, según la variedad.....	26
Tabla 3 Composición mineral de tubérculos de camote según la variedad.	26
Tabla 4 Recursos necesarios para la determinación del rendimiento del almidón de seis líneas de camote.....	35
Tabla 5 Recursos necesarios para la determinación de Fibra en el almidón de seis líneas de camote.	35
Tabla 6 Recursos necesarios para la determinación de ceniza en el almidón de seis líneas de camote ...	36
Tabla 7 Recursos necesarios para la determinación de la amilosa y amilopectina del almidón de seis líneas de camote	36
Tabla 8 Recursos necesarios para la determinación del contenido de almidón total de seis líneas de camote	37
Tabla 9 Recursos necesarios para la determinación del almidón resistente de seis líneas de camote	37
Tabla 10 Recursos necesarios para la determinación de la digestibilidad del almidón de seis líneas de camote.....	38
Tabla 11 Recursos necesarios para la determinación de la estabilidad de almacenamiento en refrigeración del almidón de seis líneas de camote.....	38
Tabla 12 Recursos necesarios para la determinación de retrogradación del almidón de seis líneas de camote.....	39
Tabla 13 Recursos necesarios para la determinación del índice de solubilidad en agua, índice de absorción en agua y poder de hinchamiento del almidón de seis líneas de camote.....	39
Tabla 14 Factores y niveles pertenecientes a los arreglos factoriales univariante y multivariante.....	47
Tabla 15 Esquema del análisis de varianza para la obtención de almidón de 6 líneas de camote (<i>Ipomoea batatas L.</i>)	48

Tabla 16 Medias \pm desviación estándar del rendimiento del almidón de 6 líneas de camote bajo 2 métodos de extracción	50
Tabla 17 Propiedades fisicoquímicas del almidón de 6 líneas de camote bajo 2 métodos de extracción.	53
Tabla 18 Medias \pm desviación estándar del contenido de almidón total por línea de camote bajo el efecto de 2 métodos de extracción	54
Tabla 19 Medias \pm desviación estándar del contenido de cenizas por línea de camote bajo el efecto de 2 métodos de extracción	56
Tabla 20 Medias \pm desviación estándar del contenido de fibra cruda por línea de camote bajo el efecto de 2 métodos de extracción	59
Tabla 21 Medias \pm desviación estándar de la amilosa y amilopectina por línea de camote bajo el efecto de 2 métodos de extracción.	61
Tabla 22 Análisis de la varianza de efectos inter-sujetos para RDS, SDS, TDS y RS.....	64
Tabla 23 Medias \pm desviación estándar del contenido de almidón de digestión rápida, almidón de digestión lenta, almidón total digerible y almidón resistente por línea de camote bajo el efecto de 2 métodos de extracción.....	65
Tabla 24 Medias \pm desviación estándar de la estabilidad de almacenamiento en refrigeración del almidón por línea de camote bajo el efecto de 2 métodos de extracción.....	67
Tabla 25 Medias \pm desviación estándar de la retrogradación del almidón por línea de camote bajo el efecto de 2 métodos de extracción.....	70
Tabla 26 Medias \pm desviación estándar del índice de absorción, solubilidad en agua y poder de hinchamiento por línea de camote bajo el efecto de 2 métodos de extracción.....	74

Índice de figuras

Figura 1 Estructuras vegetativas comestibles del camote.....	24
Figura 2 Beneficios del consumo de camote	25
Figura 3 Propiedades Fisicoquímicas para identificar la calidad del almidón	27
Figura 4 Estructura química de la Amilosa.....	28
Figura 5 Estructura química de la amilopectina	28
Figura 6 Aniones y cationes presentes en la ceniza de almidón.....	31
Figura 7 Vías de extracción del almidón	32
Figura 8 Proceso de obtención de almidón de camote	33
Figura 9 Centro Investigaciones Agropecuarias - INIAP - Estación Experimental Santa Catalina.....	34
Figura 10 Rendimiento del almidón por método de extracción y línea genética de camote.....	51
Figura 11 Almidón total por método de extracción y línea genética de camote	55
Figura 12 Cenizas por método de extracción y línea genética de camote	57
Figura 13 Fibra cruda por método de extracción y línea genética de camote	60
Figura 14 Contenido de amilosa por método de extracción y línea genética de camote	62
Figura 15 Estabilidad de almacenamiento en refrigeración por método de extracción y tiempo de refrigeración.....	68
Figura 16 Retrogradación del almidón por método de extracción y peso de la muestra	71
Figura 17 IAA, ISA, PH por método de extracción.....	75

Resumen

El objetivo de la presente investigación fue caracterizar el almidón de seis líneas de camote (*Ipomoea batatas L.*), obtenido con dos métodos de extracción (vía seca y vía húmeda); se trabajó con seis líneas genéticas de camote (11, 15, 16, 17, 18 y 19). Para la extracción por vía seca, las muestras fueron secadas en una estufa de aire forzado a 60°C por 24 horas, fueron molidas, y sometidas a un proceso de tamizado; para la extracción por vía húmeda, las muestras fueron trituradas, filtradas y al cabo de 24 horas se recolectó el precipitado, posteriormente el almidón se secó en una estufa de aire forzado a 60°C por 24 horas. Las líneas genéticas de camote estudiadas presentaron diferente rendimiento, para vía seca (26,03%), y para vía húmeda (5,75%), el cual influyó por el método de extracción aplicado. En la evaluación de las propiedades físico-químicas del almidón, la mayoría de propiedades tuvo un mejor desempeño para el almidón extraído por vía húmeda; aplicando esta técnica se determinó que existe un importante contenido de almidón total (76,60 a 95,07%), y amilosa (33,15%). El porcentaje de ceniza (0,11 a 0,87%), y el contenido de fibra cruda (0,50 a 0,88%), fueron inferiores a los reportados por vía seca, el porcentaje de estabilidad en refrigeración (98,37%), fue mejor para la vía húmeda. En cambio la digestibilidad del almidón por vía seca, RDS (5.89%), SDS (17,17%), RS (10,89%), fue mejor en relación a la vía húmeda. En la evaluación de las propiedades funcionales, se presentó mejores resultados para el almidón extraído por vía húmeda, teniendo un, ISA (0.03%), IAA (1,75%), y PH (1,76%). A través de este estudio, se evidenció que el método de extracción tiene influencia sobre las propiedades analizadas. Esta investigación permitirá orientar los diferentes usos del almidón en la industria.

Palabras clave: Camote (*Ipomoea batatas L.*), almidón de camote, métodos de extracción, propiedades funcionales

Abstract

The objective of the present investigation was to characterize the starch of six lines of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.), obtained with two extraction methods (dry and wet); I know worked with six genetic lines of sweet potato (11, 15, 16, 17, 18 and 19). For extraction via dry, the samples were dried in a forced air oven at 60°C for 24 hours, they were ground, and subjected to a sifting process; for wet extraction, the samples were crushed, filtered and after 24 hours the precipitate was collected, later the starch was dried in a forced air oven at 60°C for 24 hours. The sweet potato genetic lines studied presented different yields, for the dry process (26.03%), and for the wet route (5.75%), which was influenced by the extraction method applied. In evaluation of the physical-chemical properties of starch, most properties had a better performance for wet extracted starch; Applying this technique, it was determined that there is a significant content of total starch (76.60 to 95.07%), and amylose (33.15%). The ash percentage (0.11 to 0.87%), and crude fiber content (0.50 to 0.88%), were lower than those reported by the dry process, the percentage of stability in refrigeration (98.37%), it was better for the wet route. In contrast, the dry digestibility of starch, RDS (5.89%), SDS (17.17%), RS (10.89%), was better in relation to the wet method. In the evaluation of the functional properties, better results were presented for the wet extracted starch, having an ISA (0.03%), IAA (1.75%), and PH (1.76%). Through this study, it was evidenced that the extraction method has an influence on the analyzed properties. This research will guide the different uses of starch in the industry.

Keywords: sweet potato (*Ipomoea batatas* L.), sweet potato starch, extraction methods, functional properties

Capítulo I

Introducción

Antecedentes

El camote (*Ipomoea batatas L.*) es un tubérculo tradicional en América, fue nombrado por primera vez en 1494, este tubérculo era consumido crudo y tostado, su expansión a nivel mundial ocurrió muy rápido a raíz de la conquista española sobre América (Cuesta, 2007).

Actualmente, constituye un cultivo importante en Asia y África. El tubérculo se adapta en áreas tropicales, subtropicales y templadas; podría contribuir a solucionar los problemas de seguridad alimentaria (Basurto, et al., 2015). En el Ecuador, su producción y consumo se concentra en los sectores rurales de la Costa, Sierra y Amazonía, se agrupa de acuerdo al color de la pulpa: anaranjada, amarilla, blanca y morada (Cobeña, et al., 2017).

En la actualidad Ecuador tiene una amplia variedad de productos agrícolas de excelente valor nutritivo, entre los que destacan el boniato (*Ipomoea batatas L.*), es un tubérculo comestible rico en antioxidantes y alto valor vitamínico; en el Ecuador las fuentes principales para la obtención de almidón son: maíz, papa y yuca en la industria alimentaria, debido a que aportan nutrientes y su proceso de obtención es sencillo (Vidal, Zaucedo, & Ramos, 2018).

Actualmente la producción de almidón ha cobrado gran importancia, convirtiéndose en una de las agroindustrias más importantes a nivel mundial, debido al aprovechamiento de tubérculos, cereales, raíces y leguminosas como fuentes de almidón. El almidón con mayor producción es el del maíz, seguido del almidón de mandioca, mientras que el almidón de trigo, papa y batata son producidos en un porcentaje considerable (Guadrón, 2013).

Justificación

El camote es el octavo cultivo más importante a nivel mundial, después del arroz, maíz, trigo, yuca, papa, tomate y banano (Hernández, et al., 2019). Se considera un alimento potencialmente funcional por sus excelentes propiedades nutricionales y culinarias. Este tubérculo es económico de producir y tiene una fuente significativa de almidón (65% en base seca). Convirtiéndolo en un material promisorio para la obtención de diferentes subproductos como el almidón a nivel industrial (Torre, 2004).

Sin embargo, aun cuando el camote, presenta un alto potencial de almidón, este tubérculo no es procesado, debido a la falta de investigaciones, que permitan generar un protocolo de extracción de almidón de camote, con parámetros que establezcan tanto requerimientos materiales, como manejo durante el proceso agroindustrial, para la obtención de almidón y buena calidad, que permitan proyectar el uso industrial de este componente de la raíz (Sacón, et al., 2016).

El almidón de camote tiene potencial de ser usado como materia prima en diversas industrias (alimentaria, no alimentaria, edulcorantes). Por otra parte, el almidón es uno de los principales componentes de muchos tubérculos, incluido el camote, y se obtiene separando los gránulos de almidón del resto del material contenido en el tubérculo, los mismos pueden ser aislados por diferentes métodos de extracción ya sea por vía húmeda o vía seca, la calidad del almidón está relacionada con el producto final, y se puede decir que cuanto más cuidadoso y limpio sea el proceso de producción del almidón, más valioso es, y su utilización es más amplia en cualquier producto (Cobana & Antezana, 2007).

Ahora bien, en base a lo expuesto la presente investigación busca precisar con cuál de los dos métodos de extracción se obtiene un almidón de mejor calidad, mediante la valoración de las propiedades fisicoquímicas y funcionales.

Objetivos

Objetivo general

Caracterizar el almidón de seis líneas de camote (*Ipomoea batatas L.*), obtenido con 2 métodos de extracción.

Objetivos específicos

- Determinar el rendimiento del almidón obtenido por dos métodos de extracción en seis líneas de camote.
- Evaluar las características fisicoquímicas del almidón obtenido por dos métodos de extracción en seis líneas de camote.
- Determinar las propiedades funcionales del almidón obtenido por dos métodos de extracción en seis líneas de camote.

Hipótesis

H₀: No existen diferencias significativas en el rendimiento de almidón entre ninguno de los tratamientos

H₁: Existen diferencias significativas en el rendimiento de almidón entre al menos dos de los tratamientos

H₀: No existen diferencias significativas entre las propiedades fisicoquímicas del almidón entre ninguno de los tratamientos

H₁: Existen diferencias significativas entre las propiedades fisicoquímicas del almidón entre al menos dos de los tratamientos

H₀: No existen diferencias significativas entre las propiedades funcionales del almidón entre ninguno de los tratamientos

H₁: Existen diferencias significativas entre las propiedades funcionales del almidón entre al menos dos de los tratamientos.

Capítulo II

Marco referencial

Producción global de camote

China es el país con mayor producción de camote, posicionándose como el número uno en el mundo; seguido por países latinoamericanos, en donde también existe su producción pero en menores cantidades. Los intentos por lograr que este alimento tenga mayor producción, en la industria han sido insignificantes. En la actualidad, su consumo se centra en la preparación de dulces de manera artesanal (Marti, Chludil, & Corbino, 2011).

Al ser una planta de fácil adaptación, en el mundo se producen alrededor de 133 millones de toneladas al año; en donde China es el país de mayor producción, ocupando casi un 90%. Los países latinoamericanos ocupan solo un 10% de la producción anual; lo que indica que puede existir un cambio a futuro en el potencial de exportación, de su producción por parte de la región asiática (Marti, Chludil, & Corbino, 2011).

Generalidades del Camote (*Ipomoea batatas* L.)

Tabla 1

Clasificación taxonómica del camote

Taxonomía	
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Solanales
Familia:	Convolvulaceae
Género:	<i>Ipomoea</i>
Especie:	<i>Ipomoea batatas</i> (L.)

Nota: Recuperado de sisbib.unmsm.edu.pe. Copyright 2002 por Yañez. Reprinted with permission.

Características botánicas del camote

El camote es un bejuco perenne que se propaga vegetativamente y se cultiva como planta anual; ésta especie corresponde a la familia de las convolvulácea, cuyo género pertenece a la *Ipomoea*, la planta por lo general es de hábito rastrero, con tallos que se desarrollan horizontalmente sobre el suelo; sus raíces son tuberosas y se desarrolla en los nudos del tallo, las flores tienen forma de campana agrupadas en inflorescencias, presentando colores que va desde un verde pálido a un purpura oscuro. En cuanto, a las características de sus hojas, su forma varía dependiendo del cultivar, pueden ser hojas de forma redonda, hastadas, triangulares o trilobuladas, de pigmentación verde. Las propiedades del tubérculo depende de la variedad a la que pertenezca (Vidal, Zaucedo, & Ramos, 2018).

Requerimientos del cultivo

Suelo: se desarrolla en todos los suelos con alto contenido de materia orgánica (3% o más) con buen drenaje, con un pH de suelo de 5.5 y 6.5 (León , et al., 2013).

Clima: se desarrolla muy bien en climas con temperaturas cálidas que van este los 20 y 30 °C (León , et al., 2013).

Altitud: se desarrolla en altitudes de 300 a 1000 msnm. En aturas superiores a 1300msnm y a temperaturas más bajas, el ciclo se extiende hasta los 150 días o más (León , et al., 2013).

Precipitación: el cultivo de camote no soporta excesos de precipitación, porque puede causar problemas de pudrición de raíz; lo recomendable para este cultivo es una precipitación entre 500 a 1800 mm/año (León , et al., 2013).

Variedades

Existen aproximadamente trece variedades de camote, cada una puede distinguirse a través del color de su pulpa, que puede ser anaranjada, amarillenta, blanca, morada, entre otras (Cusumano & Zamudio, 2013).

Variedades más comunes

Var. Toquecita: esta variedad posee un follaje denso y disperso, con tallos principales de 158cm de longitud, sus entrenudos son de longitud corta (3-5cm), las hojas son medianas, de forma triangular con hendiduras muy superficiales. El color predominante de la piel es anaranjado con intensidad intermedia. En la pulpa predomina el color anaranjado, y el color secundario de la pulpa es anaranjado intenso. Los rendimientos promedios de tubérculos por hectárea están en 22000 kilos (Cobeña, et al., 2017).

Var. Morado Brasil: esta variedad posee follaje denso y disperso con tallos principales de 202 cm de longitud, lo que permite tener una cobertura de suelo de más del 90%, sus hojas son medianas lobuladas, con cinco lóbulos moderados de tipo semi-elíptico. El color predominante de la piel es morado oscuro, carece de color secundario. Su pulpa es de color morado bien acentuado. Los rendimientos promedios de tubérculos por hectárea están en 15571 kilos (Cobeña, et al., 2017).

Var. Guayaco Morado: Esta variedad tiene follaje denso y disperso, los tallos principales son de 154 cm de longitud, lo que permite tener una cobertura de suelo de más del 90%, las hojas son medianas, presenta tres lóbulos superficiales de forma triangular. El color predominante de la piel es morado cuya intensidad es pálida, el color predominante de la pulpa es morado. Los rendimientos promedios de tubérculos por hectárea están en 18429 kilos (Cobeña, et al., 2017).

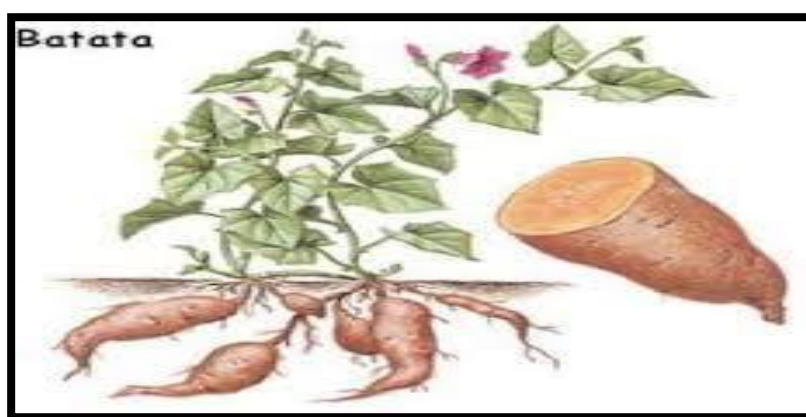
Var. Zapallo: esta variedad posee follaje denso y erecto, que le permite tener una cobertura de suelo de más del 90%, las hojas son grandes, posee tres lóbulos muy profundos de forma lineal- angosta. En la piel predomina un color anaranjado con intensidad intermedia, el color predominante de la pulpa es anaranjado, el color secundario de la pulpa es amarillo. Los rendimientos promedios de tubérculos por hectárea están en 28429 kilos (Cobeña, et al., 2017).

Estructuras vegetativas comestibles del camote

La planta de camote es utilizada y consumida de distintas maneras, en diferentes partes del mundo, sus hojas y tallos pueden ser aprovechadas en ensaladas, guarniciones, y su tubérculo, puede aprovecharse como fritura (snack). El camote puede ser usado en la preparación de sopas o purés (Cusumano & Zamudio, 2013).

Figura 1

Estructuras vegetativas comestibles del camote



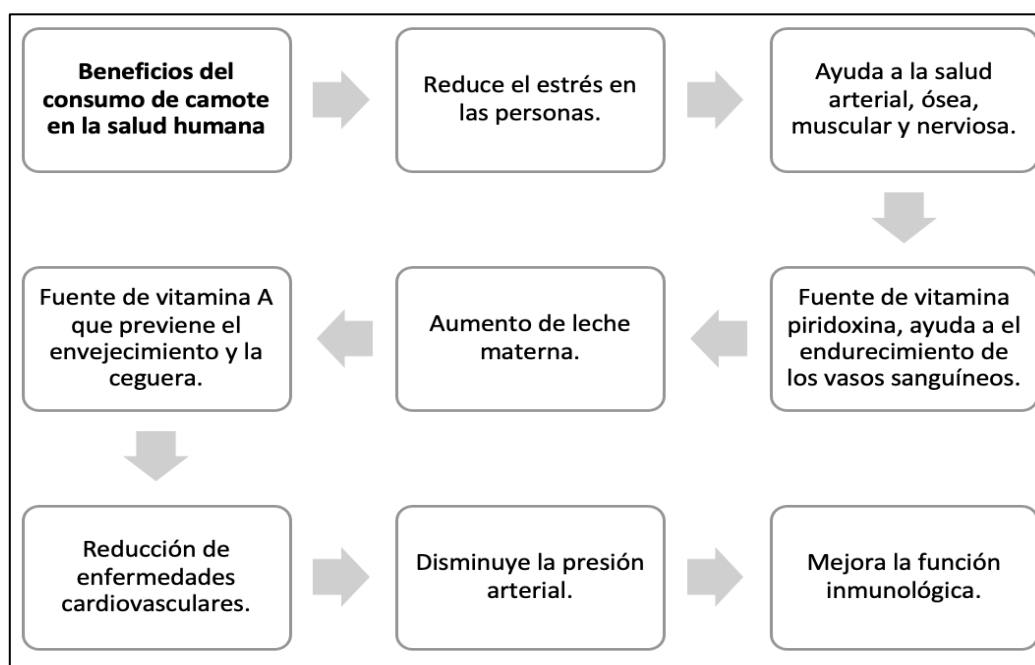
Nota: El gráfico representa las estructuras comestibles del camote (Esquivel & Velazquez, 2014).

Usos del camote en la industria alimentaria

Durante los últimos años, esta especie ha logrado posicionarse en la industria alimentaria. En China, Japón y Perú han obtenido harinas, almidones, fideos, entre otros productos; mientras que en Filipinas y Estados Unidos han desarrollado mecanismos de extracción de antocianinas y carotenoides del tubérculo (El Sheikha & Ray, 2015).

Beneficios del consumo de camote

Como se muestra en la figura 2, el camote proporciona, grandes beneficios en la salud de los consumidores, según Grace, Truong, Raskin, & Lila (2015).

Figura 2*Beneficios del consumo de camote*

Nota: El gráfico representa los beneficios del consumo de camote (Grace, et al., 2015)

Composición nutricional y funcional del camote

Varios estudios han revelado las propiedades nutricionales que tiene este tubérculo. El camote contiene almidón, proteínas y vitaminas (A y C), posee valores de aminoácidos importantes, como: lisina (0,006 g), leucina (0,092 g), fenilalanina (0,089 g), histidina (0,031 g), entre otros, estos ayudan en el funcionamiento del organismo. También, posee compuestos antioxidantes, como: fenoles (antocianinas) y carotenoides (Dincer, et al., 2011).

Composición química y proximal del camote

La composición química y proximal del camote (contenido de azúcares totales, almidón, proteína, grasa, cenizas, carbohidratos, entre otras), son de mucha importancia, ya que son indicadores de la calidad global y de la potencialidad que estos tengan para el uso agroindustrial. La composición química y proximal según la variedad de camote se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 2

Composición química y proximal de tubérculos de camote, según la variedad.

Tipo de variedad	%	%	%	%	%		
	Carbohidratos	Grasa	Cenizas	Proteína	Fibra	Amilosa	Amilopectina
Zapallo	82,57	0,85	4,53	7,86	4,19	10,93	89,07
Morado Ecuador	80,92	1,18	6,77	5,45	5,69	8,55	91,45
Toquecita	81,01	1,83	5,62	4,95	6,59	6,32	93,68
Pedrito	81,89	0,59	4,70	8,97	3,84	10,26	89,74

Nota: Recuperado de repositorio.iniap.gob.ec. Copyright 2020 por Armijos, Villacrés, Quelal, Cobeña, & Álvarez. Reprinted with permission.

Por otra parte, se detalla el contenido de macro y micro minerales de tubérculos de camote según la variedad.

Tabla 3

Composición mineral de tubérculos de camote según la variedad.

Variedad	Macro minerales (%)					Micro minerales (ppm)			
	Ca	P	Mg	K	Na	Cu	Fe	Mn	Zn
Zapallo	0.16	0.24	0.05	4.18	0.04	5.00	42.00	5.00	19.00
Pedrito	0.11	0.35	0.05	3.74	0.06	7.00	383.00	4.00	10.00
Morado Ecuador	0.22	0.23	0.05	4.15	0.06	6.00	295.00	10.00	11.00
Morado Brasil	0.09	0.27	0.04	1.98	0.07	4.00	55.00	6.00	7.00
Toquecita	0.44	0.26	0.05	2.54	0.17	5.00	59.00	5.00	10.00

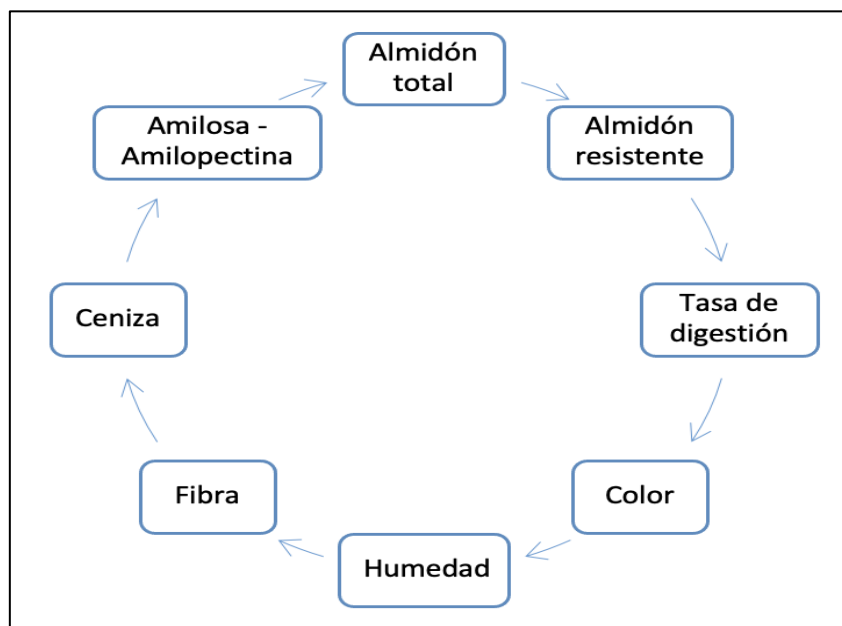
Nota: Recuperado de repositorio.iniap.gob.ec. Copyright 2020 por Armijos, Villacrés, Quelal, Cobeña, & Álvarez. Reprinted with permission.

Calidad del almidón

Esta característica se determina a partir del manejo del mismo; mientras más puro sea su procedimiento de obtención, tendrá mayor valoración. Para establecer la calidad del almidón se toman en cuenta las propiedades fisicoquímicas, según (Guízar, et al., 2008).

Figura 3

Propiedades Fisicoquímicas para identificar la calidad del almidón



Nota: El gráfico representa las propiedades fisicoquímicas del almidón tomado de (Guízar, Ruíz, & Montañéz, 2008).

Almidón

El almidón es un ingrediente funcional con extensa demanda en la industria alimentaria, reconocido como fuente de almacenamiento de las plantas. El almidón que es extraído de tubérculos se le da el nombre de féculas. El almidón de camote posee bajos grados de viscosidad, la inflación de sus orgánulos es mensurado; además, el almidón logra su estado de gelatinización después de haber llegado a una alta temperatura. Es decir, el almidón puede disolverse en agua caliente, y cambia a estado gelatinoso (Guízar, Ruíz, & Montañéz, 2008).

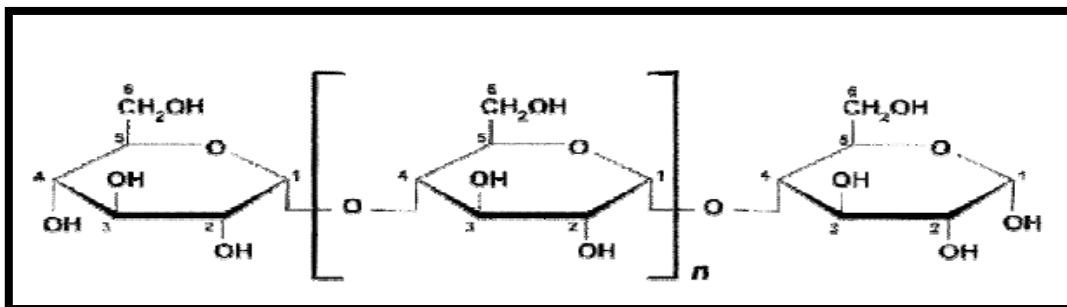
Estructura del almidón

El almidón, estructuralmente está conformado de dos polisacáridos químicamente distinguibles: la amilosa y la amilopectina, ambos están formados por unidades de glucosa (Guízar, Ruíz, & Montañéz, 2008).

En el caso de la amilosa es insoluble en agua y se encuentra conformada por varios anillos de glucosa adheridas entre ellas por enlaces α 1-4 lo que da lugar a un esqueleto helicoidal (Guízar, Ruíz, & Montañéz, 2008).

Figura 4

Estructura química de la Amilosa

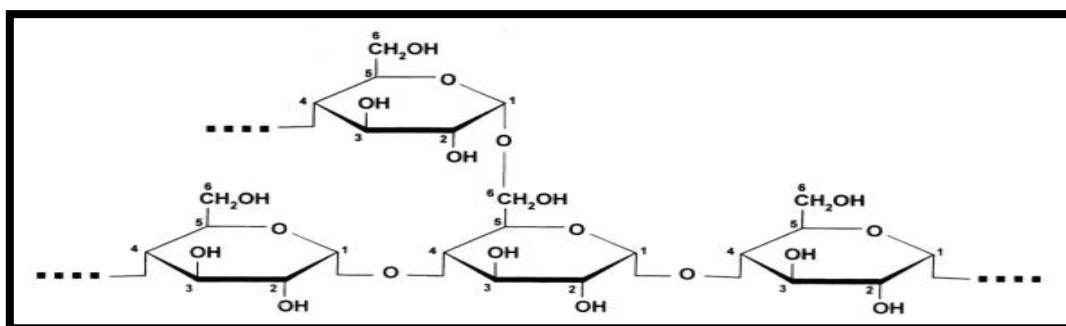


Nota: El gráfico representa la Estructura química de la amilosa (De la Rosa Millán, 2009).

En el caso de la amilopectina posee ramificaciones, de unidades de glucosa unidas en un 94-96% por enlaces α (1-4) y en un 4-6% con uniones α (1-6). La amilopectina es un polímero que es parcialmente soluble en agua caliente. Las estructuras de los almidones están compuestas por amilopectina en su totalidad (Guan & Hanna, 2004).

Figura 5

Estructura química de la amilopectina



Nota: El gráfico representa la Estructura química de la amilopectina (De la Rosa Millán, 2009).

Características Fisicoquímicas del almidón

Gelatinización del almidón

La gelatinización del almidón es un proceso endotérmico que corresponde a la disociación de las moléculas de almidón, las cuales se disponen en una doble hélice y se transforman en una conformación amorfa. La temperatura de gelatinización y su entalpía durante dicho proceso se pueden determinar mediante calorimetría de barrido diferencial (CBD). El pico endotérmico de CBD refleja pérdida de la doble hélice de la amilopectina (Srichuwong & Jane, 2007).

El almidón de camote posee estructuras organizadas por la presencia de amilosa, y amilopectina. Estas generan la incapacidad de disolverse en agua fría, pero si el almidón es sometido a una alteración de la temperatura del agua, se produce un aumento en el tamaño y viscosidad del almidón, este proceso se denomina gelatinización del almidón (Hazarica & Sit, 2016).

Retrogradación del almidón

Es aquel procedimiento, por el que pasa la amilosa, cuyas moléculas son insolubles y se precipitan espontáneamente, al contar con cadenas alineadas paralelamente, que reaccionan entre ellas, por medio de los puentes de hidrógeno (Hazarica & Sit, 2016).

En esta fase el almidón puede tener dos trayectos, la inflación a causa del aumento de la temperatura, o puede formar un gel endurecido por su enfriamiento. Las estructuras de amilosa o las de amilopectina crean áreas rígidas, en donde la única manera de romper esta unión es a través de aplicar la entalpía (Hazarica & Sit, 2016).

La retrogradación ocurre cuando se almacena el almidón gelatinizado, por lo que las moléculas de almidón se recombinan gradualmente. La velocidad retrógrada de las moléculas de amilosa es mucho más rápida que la de las moléculas de amilopectina, mientras que las cadenas de amilosa forman una red a través de interacciones de enlaces de hidrogeno y son responsables de los cambios reológicos iniciales de las pastas de almidón (Srichuwong & Jane, 2007).

Por otro lado, la retrogradación de la amilopectina es más lenta y puede ocurrir en días o semanas debido a su estructura ramificada. La velocidad de retrogradación depende de factores como: la concentración de lípidos y la presencia de derivados monoéster y fosfatos, así como también de la longitud de las cadenas de amilopectina (Srichuwong & Jane, 2007).

Digestibilidad del almidón

El almidón se divide principalmente en almidón de digestión rápida (RDS), almidón de digestión lenta (SDS) y almidón resistente según la digestibilidad. El almidón de digestión lenta se digiere totalmente, pero a un ritmo muy lento en comparación con el almidón de digestión rápida. Los efectos fisiológicos del almidón de digestión lenta son útiles en la prolongación de la saciedad y el control de la diabetes. Además, SDS puede funcionar como una fuente de glucosa sistémica más duradera y constante. RS se define como la fracción de almidón que es capaz de resistir a la digestión y se mantiene íntegro a lo largo del tracto gastrointestinal. Según Sajilata, Singhal, & Kulkarni (2006), informó que RS puede prevenir el cáncer de colon, tiene efectos hipoglucemiantes, hipocolesterolémicos e inhibe la acumulación de grasa y produce un aumento en la absorción de minerales.

Características funcionales del almidón

Hinchamiento y Solubilidad

Cuando el almidón entra en contacto con agua caliente, los gránulos comienzan a hincharse y una parte del almidón se mezcla en el medio acuoso circulante. El poder de hinchamiento y la cantidad de solubles dependerán del tipo de almidón y del tipo y magnitud de la modificación (Narvaéz, 2020).

Capacidad de Retención de Agua

El almidón tiene la capacidad de unir las moléculas de agua. Dicha propiedad funcional es crucial en las aplicaciones del almidón, ya que este polisacárido tiene usos muy diversos, como en el campo de la alimentación y cosmetología, donde se requiere una textura seca o consistente (Narvaéz, 2020).

Análisis bromatológicos del almidón

Contenido de humedad

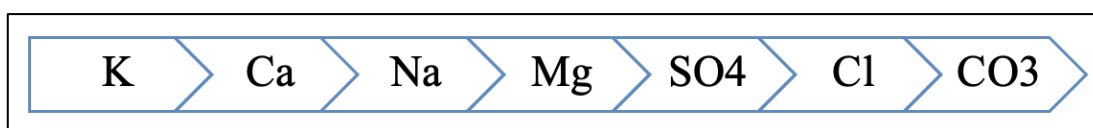
La materia seca que queda en el alimento después de eliminar el agua se denomina sólidos totales. Por ello, es importante vigilar la humedad en los alimentos preparados, ya que demasiada humedad puede conllevar riesgos microbiológicos (moho, levadura o bacterias), una humedad superior al 8% favorece la presencia de insectos mientras que una humedad superior al 14% existe un riesgo de contaminación por bacterias y hongos. El método se basa en particular en el secado de una muestra específica utilizando un horno y su determinación se da por diferencia de peso entre el material seco y el material húmedo (Narvaéz, 2020).

Cenizas

Residuos inorgánicos obtenidos de la calcinación del almidón, procedimiento que sirve para calcular los minerales encontrados y las alteraciones como la agregación de sales en una determinada muestra (Narvaéz, 2020).

Figura 6

Aniones y cationes presentes en la ceniza de almidón



Nota: La figura representa los aniones y cationes presentes en la ceniza del almidón

Fibra

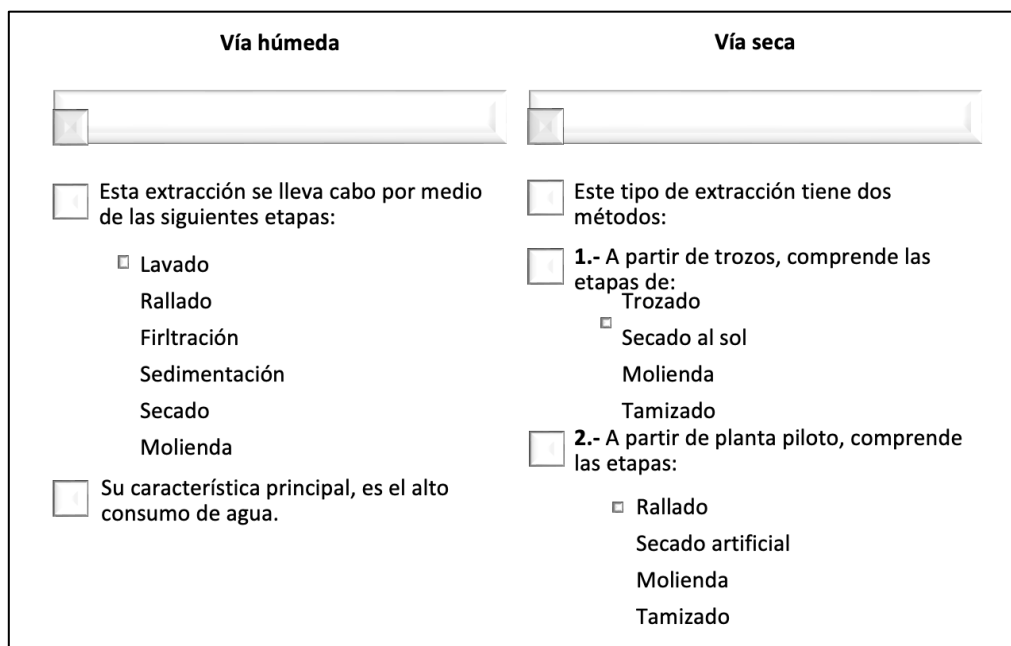
Porción orgánica no nitrogenada, compuesta por celulosa y lignina, la implementación de este método permite cuantificar los carbohidratos en los alimentos vegetales con el uso de técnicas colorimétricas (Narvaéz, 2020).

Vías de extracción del almidón

Para la obtención del almidón, se manejan dos métodos. El método más antiguo, a través de la vía húmeda, o también, conocido como extracción por rallanderías. En la actualidad, el método más utilizado a nivel industrial es la vía seca, o también conocida como el proceso de harina refinada. En este tipo de extracción se utiliza la tecnología, para disminuir el consumo de agua (figura 7) (Puraca & Durand, 2020).

Figura 7

Vías de extracción del almidón



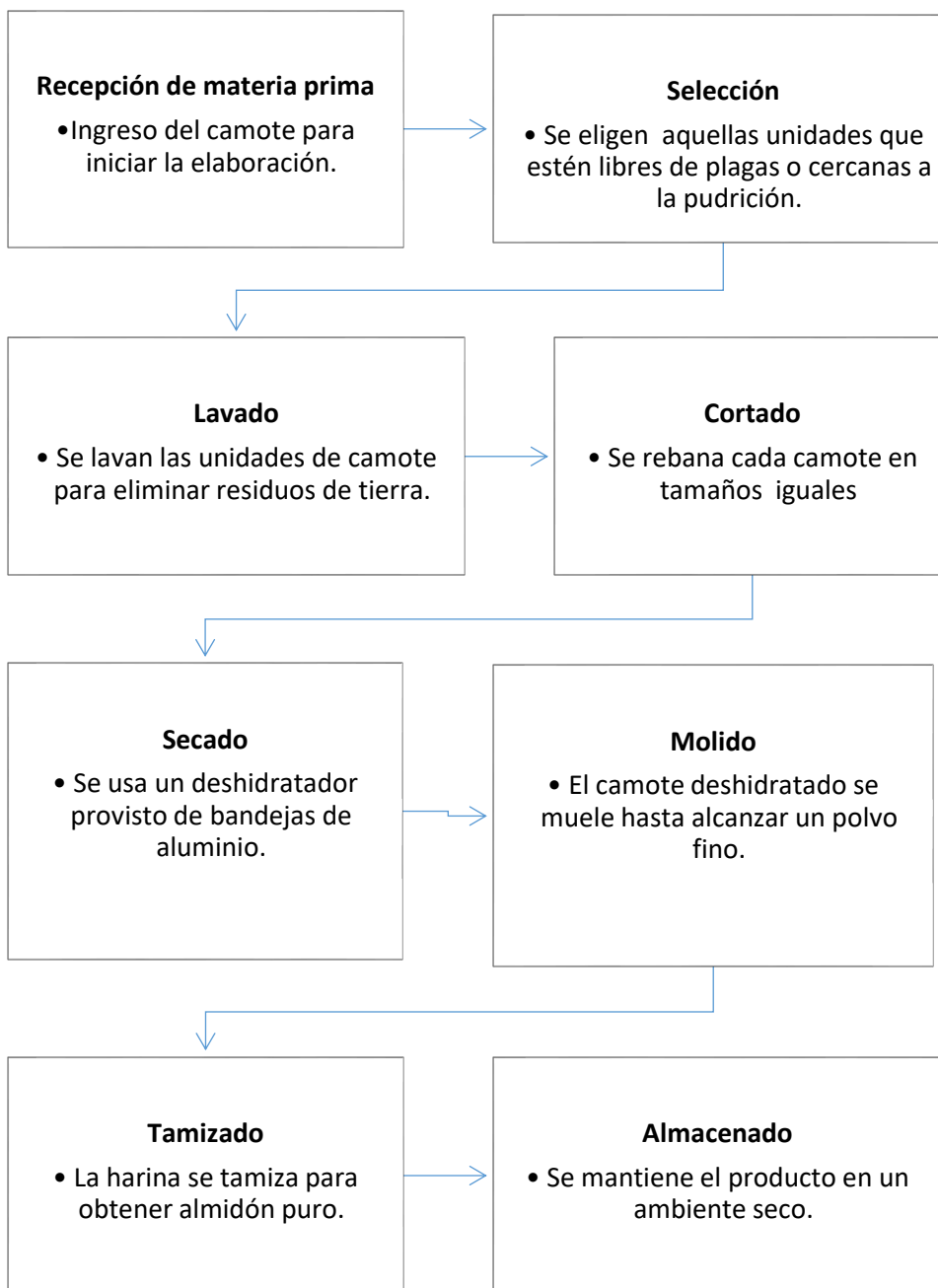
Nota: La figura representa el proceso de extracción del almidón, por vía húmeda y vía Seca. Tomado de (Puraca & Durand, 2020).

Proceso de obtención de almidón de camote

Diagrama del proceso de obtención de almidón de camote, según (Jiménez, et al., 2008).

Figura 8

Proceso de obtención de almidón de camote



Nota: El gráfico representa el proceso de obtención de almidón de camote. Tomado de (Jiménez, et al., 2008)

Capítulo III

Materiales y métodos

Ubicación y características del área de estudio

El proyecto de investigación se realizó dentro de las instalaciones del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), en el laboratorio de Nutrición y Calidad de alimentos, ubicado en la parroquia de Cutuglahua, cantón Mejía, provincia de Pichincha (Figura 9). Geográficamente se localiza a $78^{\circ} 33' 18.46''$ O y $00^{\circ} 22' 57.33''$ S y a una altitud de 3050 m.n.s.m. La temperatura media ambiental es de 18°C , con una humedad relativa de 76 % y la precipitación anual de 1127.5 mm (INAMHI, 2018).

Figura 9

Centro de Investigaciones Agropecuarias - INIAP - Estación Experimental Santa Catalina.



Nota: Representación de la ubicación donde se realizó la fase experimental del proyecto, tomado de INIAP - Estación Experimental Santa Catalina (2021).

Materiales

Materiales que se utilizó para determinar las propiedades fisicoquímicas y funcionales del almidón de camote

Determinación del rendimiento

Tabla 4

Recursos necesarios para la determinación del rendimiento del almidón de seis líneas de camote

Equipos	Materiales e insumos	Muestras
Balanza	Cuchillos	Línea 11
Extractor industrial	Tablas de picar	Línea 15
	Guantes	Línea 16
	Vasos de precipitación	Línea 17
		Línea 18
		Línea 19

Nota: Equipos, materiales e insumos usados, en laboratorio

Determinación de fibra cruda

Tabla 5

Recursos necesarios para la determinación de Fibra en el almidón de seis líneas de camote.

Equipos	Materiales e insumos	Reactivos	Muestras
Balanza analítica	Crisoles filtrantes de porcelana	Ácido sulfúrico 7/1000	Línea 11
Equipo para digestión	Vasos de 600 ml forma alargada	Hidróxido de sodio 22%	Línea 15
Estufa	Mascarillas, guantes	Hexano	Línea 16
Mufla	Lana de vidrio		Línea 17
Equipo de filtración: Kitasato, trompa de agua	Pipeta volumétrica		Línea 18
			Línea 19

Nota: Equipos, reactivos, materiales e insumos, usados en laboratorio

Determinación de ceniza**Tabla 6***Recursos necesarios para la determinación de ceniza en el almidón de seis líneas de camote*

Equipos	Materiales e insumos	Muestras
Mufla	Crisoles	Línea 11
Desecador		Línea 15
		Línea 16
		Línea 17
		Línea 18
		Línea 19

Nota: Equipos, materiales e insumos, usados en laboratorio**Amilosa y amilopectina****Tabla 7***Recursos necesarios para la determinación de la amilosa y amilopectina del almidón de seis líneas de camote*

Equipos	Materiales e insumos	Reactivos	Muestras
Espectrofotómetro UV-VIS	Matraces volumétricos	Urea 6M	Línea 11
Baño de agua con temperatura regulada.	Tubos de ensayo	Dimetilsulfóxido (DMSO)	Línea 15
Estufa	Pipetas	Yodo-yoduro (2 mg I ₂ +20 mg de KI por ml)	Línea 16
Balanza analítica	Termómetro		Línea 17
			Línea 18
			Línea 19

Nota: Equipos, reactivos, materiales e insumos, usados en laboratorio

Almidón total**Tabla 8***Recursos necesarios para la determinación del contenido de almidón total de seis líneas de camote*

Equipos	Materiales e insumos	Reactivos	Muestras
Balanza analítica	Vasos de precipitación	Tampón acetato de sodio 0.1M, pH 4,75	Líneas de camote
Centrifuga	Probetas	Hidróxido de potasio 4 N.	Línea 11
Espectrofotómetro-Uvvis	Balones aforados	Termamyl (Novo)	Línea 15
Baño María	Cajas petri	Metanol	Línea 16
Vórtex	Tubos de ensayo	Suspensión de amilogucodasa, Aspergillus niger (Sigma A-3514)	Línea 17
	Matraces	Antrona	Línea 18
	Embudos	Buffers de diferentes pH	Línea 19
	Papel filtro		

Nota: Equipos, reactivos, materiales e insumos, usados en laboratorio**Almidón resistente****Tabla 9***Recursos necesarios para la determinación del almidón resistente de seis líneas de camote*

Equipos	Materiales e insumos	Reactivos	Muestras
Molino - Centrifugo, equipado con rotor de 12 dientes y un Tamiz de 1,0 mm	Agitador magnético	Alfa-amilasa pancreática (Pancreatina, 10 g, 3 Unidades de Ceralpha / mg).	Línea 11
Espectrofotómetro U-vis	Barras agitadoras magnéticas - 5 x 15 mm	Tampón reactivo GOPOD - ácido hidroxibenzoico y azida de sodio (0,09% p / v).	Línea 15
Centrifugadora	Medidor de pH	Enzimas reactivas GOPOD. Glucosa oxidasa más peroxidasa y 4-aminoantipirina. Polvo liofilizado.	Línea 16
Baño de agua con agitación	Cronómetro temporizador (digital).	Solución estándar de D-glucosa (5 ml, 1,0 mg / ml)	Línea 17
			Línea 18
			Línea 19

Nota: Equipos, reactivos, materiales e insumos, usados en laboratorio

Digestibilidad del almidón**Tabla 10***Recursos necesarios para la determinación de la digestibilidad del almidón de seis líneas de camote*

Equipos	Materiales e insumos	Reactivos	Muestras
Espectrofotómetro-Uv-vis	Vasos de precipitación de 100 ml	Fosfato monopotásico	Líneas de camote
Estufa	Tubos de ensayo	Fosfato de disódio	Línea 11
Baño María	Vórtex	Cloruro de sodio	Línea 15
Balanza		Dinitrosalisilico	Línea 16
		Hidróxido de sodio	Línea 17
		Maltosa anhidrida	Línea 18
		Alfa amilasa - Sigma	Línea 19
		Tartrato de sodio y potasio tetra hidratado.	

Nota: Equipos, reactivos, materiales e insumos, usados en laboratorio

Estabilidad de almacenamiento en refrigeración**Tabla 11**

Recursos necesarios para la determinación de la estabilidad de almacenamiento en refrigeración del almidón de seis líneas de camote

Equipos	Materiales e insumos	Muestras
Baño termostático	Tubos graduados transparentes de polipropileno de 50 ml con tapa rosca.	Líneas 11
Refrigeradora		Línea 15
Centrifuga		Línea 16
Balanza		Línea 17
		Línea 18

Nota: Equipos materiales e insumos usados en laboratorio

Retrogradación del almidón**Tabla 12***Recursos necesarios para la determinación de retrogradación del almidón de seis líneas de camote*

Equipos	Materiales e insumos	Reactivos	Muestras
Placa de calentamiento y agitación magnética	Magnetos	Ácido acético	Línea 11
Centrifuga	Tubos de centrifuga de 100 ml		Línea 15
	Vasos de precipitación de 250 ml		Línea 16
	Agitador magnético		Línea 17
			Línea 18
			Línea 19

Nota: Equipos, reactivos, materiales e insumos, usados en laboratorio

Índice de solubilidad en agua, índice de absorción en agua y poder de hinchamiento**Tabla 13**

Recursos necesarios para la determinación del índice de solubilidad en agua, índice de absorción en agua y poder de hinchamiento del almidón de seis líneas de camote

Equipos	Materiales e insumos	Reactivos	Muestras
Plancha de agitación	Cajas petri	Agua destilada	Línea 11
Equipo de baño de temperatura controlada a 30 °C	Tubos de centrifuga (50 ml) de vidrio.		Línea 15
Centrifuga	Agitadores magnéticos		Línea 16
Desecador	Probeta de 50 ml		Línea 17
	Tubos de centrifuga graduados.		Línea 18
	Papel filtro de poro delgado		Línea 19
	Embudos		
	Vasos de precipitación		

Nota: Equipos, reactivos, materiales e insumos, usados en laboratorio

Métodos

Obtención de los tubérculos de camote

Para la obtención del almidón, se utilizó 1kg de tubérculos de camote por cada línea (11,15, 16, 17, 18, 19), provistos por la Estación Experimental Portoviejo (INIAP) y el Centro Internacional de la papa (CIP).

Método de obtención de Almidón

El almidón se obtuvo aplicando dos métodos de extracción: vía seca y vía húmeda.

a) Para obtener el almidón de camote por el método de extracción (vía seca), se efectuó los siguientes pasos:

- Recepción de la materia prima: se utilizó tubérculos en estado fresco y de buena calidad.
- Limpieza: se procedió a la selección y limpieza de los tubérculos.
- Rebanado: se realizó el rebanado de los tubérculos con ayuda de una rebanadora, con una abertura aproximada de 2.5 mm.
- Secado: se sometió a las muestras a un proceso de secado en una estufa de aire forzado a 60°C por un tiempo de 16 horas hasta que las muestras estén completamente secas.
- Molienda: se sometió a las muestras a un proceso de trituración en un molino centrifugo con una malla de 0.5 micrones.
- Tamizado: la harina molida, se pasó a través de un tamizador provisto de un set de tamices (300, 200, 150, 100 μm). La fracción que se utilizó fue el almidón contenido en la base del tamizador.
- Empacado y Almacenamiento: el almidón extraído se empaco en fundas con sello hermético, y se almaceno en un lugar seco.

b) Para obtener el almidón de camote por el método de extracción (vía húmeda), se efectuó los siguientes pasos:

- Recepción: al igual que en el proceso anterior se obtuvo los tubérculos de camote, se los seleccionó y se los limpio adecuadamente.
- Rebanado: se realizó el rebanado de los tubérculos con ayuda de una rebanadora con una abertura aproximada de 2.5 mm.
- Licuado: las rebanadas de camote fueron licuadas en una licuadora, manteniendo una relación, por cada 500g de camote: 1 litro de agua.

- Filtrado: se tamizó la mezcla mediante un filtro de tela (lienzo).
 - Sedimentación: el líquido obtenido en el proceso de filtración fue colocado en bandejas de plástico durante 24 horas; transcurrido el tiempo se procedió a eliminar el sobrenadante, y se recolectó el precipitado (almidón).
 - Secado: se sometió a las muestras húmedas a un proceso de secado en una estufa de aire forzado a 60°C por un tiempo de 16 horas hasta que las muestras estén secas.
 - Molienda: las muestras fueron molidas y almacenadas en fundas plásticas.
- c) Con el almidón extraído por los dos métodos, se procedió a evaluar las variables propuestas en la investigación.

Variables de estudio

Rendimiento (%)

El rendimiento se lo realizó por gravimetría es decir aplicando diferencia de pesos después de cada proceso (vía seca y vía húmeda).

Determinación de las propiedades físico-químicas en el almidón de camote

Determinación de Ceniza

Para la determinación de este parámetro se aplicó la metodología, descrita por (AOAC, 1997). Para lo cual, se pesó 2g de muestra en un crisol, por cada tratamiento, se colocó los crisoles en la estufa a 100°C por 24 horas, se dejó enfriar los crisoles durante 10 minutos, una vez fríos los crisoles se registró el peso de cada crisol, finalmente se colocó los crisoles en la mufla a 600°C, durante 4 horas. Se pesó el crisol con las cenizas y se calculó la cantidad de cenizas. Los resultados se expresan como porcentaje de cenizas totales.

Para determinar el porcentaje de ceniza, se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{\text{Masa del crisol con las cenizas}(\text{gr}) - \text{Masa del crisol vacío}(\text{gr})}{\text{Masa del crisol con la muestra}(\text{gr}) - \text{Masa del crisol vacío}(\text{gr})} * 100 \text{ Ec}(1)$$

Determinación de Fibra cruda

Para la determinación de este parámetro se empleó la metodología, descrita por (AOAC, 1997), para lo cual, se pesó 2 g de cada muestra en vasos de precipitación de 600 ml, se añadió 200 ml de ácido sulfúrico al 0.7 por mil, se dejó actuar por 30 min y se agregó 20 ml de hidróxido de sodio al 22%, se dejó digerir por 30 min disminuyendo la temperatura gradualmente, se recogió la fibra en el crisol filtrante, en cuya base se depositó una capa de lana de vidrio, se lavó con agua desmineralizada caliente, con 100 ml de ácido sulfúrico al 7 por mil y 20 ml de hexano, terminándose los lavados de la fibra con agua, los crisoles se los colocó en una estufa a 105°C por 8 horas. Se retiró cada crisol en un desecador, se dejó enfriar y se procedió a pesar, los crisoles fueron llevados a una mufla por 4 horas a 600°C, al enfriarse se tomó el peso final, y se aplicó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Fibra cruda} = \frac{P_{cf} - P_{cc}}{P_m} * 100 \quad Ec(2)$$

Donde:

Fc: Porcentaje de fibra cruda.

Pcf: Peso del crisol secado a 105 °C

Pcc: Peso del crisol después de la incineración.

Pm: Peso de la muestra.

Amilosa y amilopectina

Para la determinación de estos parámetros se aplicó la metodología, descrita por (Morrison & Laignelet, 1983), para lo cual se pesó 100 mg de almidón de cada muestra en tubos de ensayo, se procedió agregar 5ml de urea-dimetilsulfóxido, se tapó los tubos de ensayo e inmediatamente se agitó vigorosamente en el vórtex, se pesó cada uno de los tubos para obtener los gramos de la solución de almidón-UDMSO. Se colocó los tubos en un baño de agua en ebullición y se dejó por 10 min con agitación intermitente hasta que se observó una solución clara, después los tubos fueron llevados a una estufa a 100 °C por 80 min.

En cada uno de los tubos, se procedió a añadir 1 ml de solución I2-KI a cada uno de los tubos y se agito vigorosamente, se aforo el volumen a 50 ml y se procedió a leer en un espectrofotómetro a 605 nm después de 15 min a partir de la adición del reactivo I2-KI.

Almidón total

Para la determinación de este parámetro se empleó la metodología, descrita por (Tovar, 1990), para lo cual se pesó por triplicado 500 mg de muestra en un vaso de precipitación, se suspendió cada muestra en 10 ml de agua destilada, se añadió 10 ml de solución de KOH 4N, se mantuvo la suspensión a temperatura ambiente por 30 min con agitación magnética, se neutralizo la mezcla (pH 6,5-7), con HCl 5M, se añadió 100 uL de Termamyl y se colocó en ebullición por 20 min, se dejó enfriar a temperatura ambiente, y se transfirió cuantitativamente el contenido a un matraz aforado de 100 ml, se llevó a volumen con agua destilada, se tomó 0,5 ml de la solución anterior y se transfirió a un tubo de ensayo, conteniendo 1 ml de tampón acetato de sodio, se agregó 25 uL de la solución amiloglucosidasa, se mezcló suavemente con ayuda de un vórtex. Se incubo la mezcla a 60°C por 30 min, se procedió a transferir cuantitativamente el contenido del tubo de ensayo a un matraz aforado de 10 ml, se llevó a volumen el contenido del matraz, se tomó 100 uL del contenido del matraz, y se mezcló con 2 ml del reactivo Antrona recién preparado. Se expresó como microgramos de glucosa en 100 uL de dilución final.

Para la determinación del porcentaje de almidón total, se aplicó la siguiente fórmula.

$$\% \text{ de almidon} = \frac{\text{ug glucosa} \times 0.001 \times 100 \times 200 \times 0.9}{\text{Peso de la muestra (mg)}} * 100 \text{ Ec(3)}$$

Donde:

0.001= Transformación de microgramos a miligramos

100 = Dilución de los pasos 6 y 13

200 = Dilución de los pasos 5 y 9

0,9 = Factor de transformación de glucosa a glucano.

Tasa de almidón digerible

Para la determinación de este parámetro se empleó la metodología, descrita por (AOAC, 1997), para lo cual se pesó en matraces 1 g de almidón de cada muestra, se añadió lentamente a las muestras 1 ml de etanol (95%) y 35 ml de buffer maleato 50 mM, se colocó las muestras en un baño maría a 37 °C por 60 minutos, se tomó 1 ml de muestra en tubos de centrifuga en diferentes tiempos (20min, 120min y 240 min). Se procedió a colocar en cada uno de los tubos de centrifuga 20 ml de ácido acético (50mM), se los agito cuidadosamente en el vórtex y se colocó en refrigeración por 10 minutos, luego se tomó 100 uL de la solución de los tubos de centrifuga en tubos de ensayo y se añadió 100 uL de la enzima AR-AD, se incubo las muestras a 50 °C por 30 minutos, se añadió 0.2 ml de buffer acetato de sodio 100 mM + 3 ml de GOPOD y se incubo por 20 min a 50 °C, se procedió a tomar, las absorbancias a 510 nm, ajustando el cero de absorbancia en el espectrofotómetro con el blanco – tampón.

Estabilidad del almacenamiento en refrigeración

Para la determinación de este parámetro se empleó la siguiente metodología, descrita por (Eliasson & Kim, 1992), se preparó suspensiones de almidón al 5% en base seca, las muestras fueron gelatinizadas en un amilografo Brabender, a una temperatura de 89°C, durante 10 minutos, transcurrido ese tiempo se procedió a tomar 50ml de almidón gelatinizado en tubos de tapa rosca, se esperó que el contenido de los tubos se enfrié, se pesó cada uno de los tubos. Se colocó los tubos bien identificados para los días 1, 2,3 y 5, en un refrigerador a una temperatura de 4°C por 24 horas. Transcurrido ese tiempo se tomó los tubos que corresponden al primer día de almacenamiento, se los centrifugo a 1000 gravedades durante 10 min, posteriormente se retiró el agua separada del gel, se pesó y se expresó como porcentaje, en relación al peso inicial de la muestra contenida en el tubo. Se repitió los pasos 4, 5, 6, 7 y 8, para los días de almacenamiento 2,3 y 5.

Retrogradación del almidón

Para la determinación de este parámetro se empleó la siguiente metodología, descrita por (Tjahjadi & Breene, 1984), para lo cual en vasos de precipitación de 250 ml, se prepararon 150 ml de suspensiones de almidón, a diferentes concentraciones (1,5, 2,5, 3,5 y 4,5 %), calculadas en base seca, se procedió a introducir un agitador magnético en cada vaso de precipitación, se ajustó el pH a 7 con hidróxido de sodio al 0,1 N. Se procedió a la cocción de las suspensiones utilizando una placa de calentamiento y agitación magnética graduada, de tal manera que permita una velocidad de calentamiento de 1,5 °C/min, hasta alcanzar los 95 °C, se mantuvo esta temperatura durante 10 minutos, se tomó 50 ml de almidón gelatinizado en tubos de centrifuga de 100 ml, se dejó enfriar hasta temperatura ambiente, se tapó los tubos y se los almaceno en refrigeración a 4°C por 24 horas, transcurrido el tiempo, las muestras se centrifugaron a 8000 rpm durante 15 min, se sacó los tubos de la centrifuga, se pesó el agua separada del gel. La retrogradación o grado de sinéresis, se expresó como los gramos de agua separados de 50 ml de gel procesado, en las condiciones antes mencionadas.

Propiedades funcionales

Índice de solubilidad en agua, índice de absorción en agua y poder de hinchamiento

Para la determinación de este parámetro se empleó la siguiente metodología, descrita por (Anderson, et al., 1969). Se pesó 2,5 g de muestra en tubos de centrifuga, se agregó 30 ml de agua destilada tibia a cada tubo, se agito vigorosamente cada tubo con la ayuda de un vórtex, se incubo los tubos en un baño a 30 °C por 30 minutos, transcurrido ese tiempo se colocó los tubos en una centrifuga durante 20 minutos a 5000 rpm, se retiró los tubos de la centrifuga, se procedió a decantar el sobrenadante de cada uno de los tubos en tubos de centrifuga graduados, se midió el volumen, se filtró el sobrenadante en vasos de precipitación, se tomó 10 ml de la solución filtrada en cajas petri, se colocó las cajas petri en una estufa por 4 horas a 90 °C. Se registró el peso de cada uno de los tubos + gel.

Se realizó los siguientes cálculos:

Índice de absorción de agua (IAA)

$$IAA = \frac{\text{Peso del gel (gr)}}{\text{Peso de la muestra (gr)}} EC(4)$$

Índice de solubilidad en agua (ISA)

$$ISA = \frac{\text{Peso de solubles (gr)}}{\text{Peso de la muestra (gr)}} EC(5)$$

Poder de hinchamiento

$$PH = \frac{\text{Peso del gel}}{\text{Peso de la muestra} - \text{Peso de solubles}} EC(6)$$

Diseño Experimental

En la presente investigación, debido a las particularidades de las variables evaluadas se estableció diseños para tres tipos de Análisis de Varianza (ANOVA). Primero se aplicó un arreglo bifactorial 2x6 con los factores métodos de extracción de almidón (vía seca y húmeda) y líneas genéticas de camote (11, 15, 16, 17, 18 y 19), para las variables: porcentaje de rendimiento, cenizas, fibra cruda, amilosa, amilopectina y almidón total. Segundo, se aplicó un arreglo trifactorial 2x4x6, manteniendo los dos factores anteriores, más un tercer factor que correspondió al tiempo de refrigeración en días (1, 2, 3 y 5) y masas de almidón en gramos (1,5; 2,5; 3,5 y 4,5), para las variables estabilidad de almacenamiento en refrigeración y retrogradación del almidón, respectivamente. Finalmente, se aplicó un Análisis Multifactorial de la Varianza (MANOVA), conservando los factores del arreglo bifactorial, para el conjunto de variables que conforman la taza de almidón digerible (RDS, SDS, TDS y RS) y las propiedades funcionales (IAA, ISA y PH).

Todos los modelos de análisis se correspondieron con un Diseño Completamente al Azar (DCA), con tres repeticiones para cada tratamiento.

Factores y niveles evaluados

Tabla 14

Factores y niveles pertenecientes a los arreglos factoriales univariante y multivariante

Factores	Niveles
Líneas genéticas de camote (L)	Línea 11
	Línea 15
	Línea 16
	Línea 17
	Línea 18
Método de obtención de almidón (M)	Línea 19
	VS: vía seca VS: vía húmeda
Días de almacenamiento y refrigeración (D)	D1: día 1
	D2: día 2
	D3: día 3
	D5: día 5
Peso o masa del almidón probada (P)	P1: 1,5
	P2: 2,5
	P3: 3,5
	P4: 4,5

Nota: Factores y niveles evaluados en la investigación

Análisis estadístico

Esquema de análisis de varianza

Tabla 15

Esquema del análisis de varianza para la obtención de almidón de 6 líneas de camote (Ipomoea batatas L.)

Fuentes de variación bifactorial		Grados de libertad	
Líneas genéticas de camote		5	
Método de obtención		1	
Líneas * Método		5	
Error experimental		24	
Total		35	
Fuentes de variación trifactorial		Grados de libertad	
Líneas genéticas de camote		5	
Método de obtención		1	
Días de almacenamiento		3	
Líneas * Método		5	
Líneas * Día		15	
Método * Día		3	
Líneas * Método * Día		15	
Error experimental		96	
Total		144	
Fuentes de variación multivariante (tasa)		Grados de libertad de la hipótesis y del error	
Líneas genéticas de camote		20	96
Método de obtención		4	21
Líneas * Método		20	96
Fuentes de variación multivariante (funcionales)		Grados de libertad de la hipótesis y del error	
Líneas genéticas de camote		15	72
Método de obtención		3	22
Líneas * Método		15	72

a. El factor días de almacenamiento es equivalente al peso de almidón.

b. Los grados de libertad para variación multivariante pertenecer a la Traza de Pillai

Análisis funcional

Para la identificación de las diferencias de medias entre los distintos tratamientos del estudio, se aplicaron las pruebas de comparaciones múltiples post hoc, de T de Student, DHS de Tukey y Hotelling (Bonferroni), según correspondan a las necesidades de cada esquema de análisis. Todas las pruebas se manejaron con un nivel de significancia del 5 % ($\alpha = 0.05$).

Capítulo IV

Resultados y discusión

Rendimiento del almidón de seis líneas de camote obtenido por dos métodos de extracción

La investigación tenía como eje central la caracterización del almidón de camote obtenido a partir de seis líneas genéticas, empleando dos métodos de extracción, que consistieron en extracción por vía húmeda y vía seca. Para lo cual, se receptó materia prima de buena calidad para extraer el almidón. El trabajo de laboratorio consistió en procesar cada línea de camote, para obtener almidón, y determinar el rendimiento, propiedades físico-químicas y funcionales; y determinar si el método de extracción, la línea genética del camote, o el efecto de su interacción presentan variabilidad.

Se realizó una base de datos en Excel, para disponer de información precisa para el posterior análisis estadístico con paquete estadístico SPSS V25 y GPower 3.1, se elaboraron también matrices para cada una de las variables de estudio. Para el rendimiento se desarrolló una matriz que contiene las medidas para cada uno de los doce tratamientos del diseño factorial 2x6, en la misma se incluyeron los valores de la media y desviación estándar por cada tratamiento.

De modo general, se pudo apreciar diferencias de medias para el rendimiento, principalmente entre el método de extracción, y en menor medida entre las líneas genéticas. Resulta evidente que el método de extracción por vía seca brinda un rendimiento mayor en relación a la vía húmeda; se realizó un anova bifactorial que sustenta esta afirmación. Existieron diferencias estadísticas significativas para el método de extracción, mientras que el rendimiento entre las líneas genéticas es el mismo.

Tabla 16

Medias \pm desviación estándar del rendimiento del almidón de 6 líneas de camote bajo 2 métodos de extracción

Línea genética	Método de extracción			
	Vía seca		Vía húmeda	
	Rendimiento (%)	Media (D.E.)	Rendimiento (%)	Media (D.E.)
L11	25,24	25,99 \pm 1,51 a	5,48	5,30 \pm 0,34 b
	25,00		5,52	
	27,72		4,91	
L15	25,10	26,19 \pm 1,13 a	5,32	6,00 \pm 0,72 b
	27,36		5,94	
	26,10		6,75	
L16	27,24	27,11 \pm 0,81 a	5,25	5,87 \pm 0,74 b
	27,85		5,67	
	26,24		6,70	
L17	24,04	24,92 \pm 0,77 a	5,24	5,43 \pm 0,18 b
	25,47		5,59	
	25,24		5,45	
L18	24,81	25,40 \pm 1,30 a	5,67	6,01 \pm 0,64 b
	24,50		6,75	
	26,89		5,61	
L19	25,25	26,60 \pm 1,40 a	5,25	5,89 \pm 0,80 b
	26,51		5,64	
	28,04		6,78	
	Media (D.E.)	26,03 \pm 1,24 a	Media (D.E.)	5,75 \pm 0,59 b

Nota. DE: Desviación estándar.

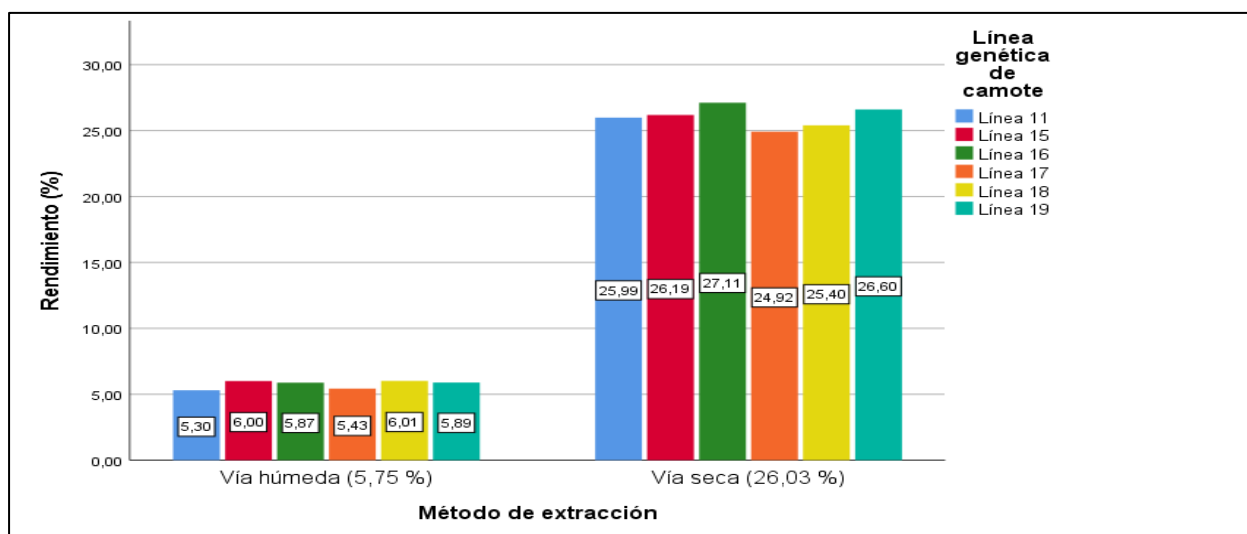
A partir del ANOVA de un arreglo bifactorial 2x6, se determinó que la interacción entre los dos métodos de extracción y las seis líneas genéticas de camote, no presentó un efecto significativo sobre el porcentaje de rendimiento de almidón, bajo los siguientes estadísticos estimados ($F_{(5,24)} = .906$, $p = .494$, $\eta_p^2 = 0.43$, $\beta = 0.90$), se aprecia que la probabilidad de incurrir en un error tipo II es del 10%.

El método de extracción presentó un efecto estadísticamente significativo, sobre el rendimiento, de acuerdo con los estadísticos estimados ($F_{(1,24)} = 4145,912$, $p < .001$, $\eta_p^2 = 12.87$, $\beta = 1.00$), donde se aprecia que la probabilidad de incurrir en un error de tipo II es casi inexistente, mientras que el tamaño del efecto indica que la magnitud de las diferencias entre los dos métodos de extracción es elevada.

La significancia de la variable método de extracción, se corroboró mediante el estadístico T-Student, determinando que existe un mayor porcentaje de rendimiento de almidón, cuando se emplea extracción por vía seca (26,03%), en lugar de vía húmeda (5,75%). En la figura 10 también se puede visualizar el rendimiento que tuvo cada línea genética por cada método de extracción.

Figura 10

Rendimiento del almidón por método de extracción y línea genética de camote



Nota: La figura representa el promedio de los valores obtenidos para la variable rendimiento, por método de extracción y línea genética

Existen varias técnicas que permiten destruir las células vegetales liberando el almidón de su interior al medio; proceso que tradicionalmente se producía en fase acuosa, lo que se conoce como extracción por vía húmeda; seguida de operaciones de separación de fases y purificación. El otro grupo de técnicas se dan por vía seca. Por lo general, la extracción por vía húmeda suele producir mayores rendimientos de almidón que por vía seca (Cobana & Antezana, 2007, p. 87; Mazzeo et al., 2018, p. 57); sin embargo, este método produce aguas residuales con alta demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) y algunas especies químicas de cianuro, a diferencia de la extracción por vía seca, que casi no produce aguas residuales (Cobana & Antezana, 2007, p. 78).

Parra (2019, p. 57), en su investigación, realizó la extracción de almidón de camote y zanahoria por ambos métodos, obteniendo que el rendimiento por vía húmeda fue superior a la vía seca, con valores de 14,8% y 11,3% respectivamente. Además, determinó que el camote posee un alto contenido de almidón, ya que obtuvo mayores rendimientos en relación a la zanahoria, independientemente del método de extracción.

Chuiza et al. (2020, p. 992), determinó rendimientos de almidón de 10,6% y 6,7% para vía húmeda y vía seca respectivamente, al realizar la extracción de almidón de *Arracacia xanthorrhiza*, para la elaboración de láminas de bioplástico. Sin embargo, Pozo (2019, p. 43), al caracterizar el contenido y calidad de almidón de plátano verde, identificó que el rendimiento por vía seca fue mayor (22,90 %) que por vía húmeda (19,30 %). En el estudio de Briones y Riera (2020, p. 6), se reportó un mejor rendimiento a partir de cáscara de yuca por vía seca (54 %), respecto a la vía húmeda (10 %); pero también destacó que en otros estudios el rendimiento por vía húmeda (60 %) superó a la vía seca (27 %).

El rendimiento del almidón no depende únicamente del método de extracción, también influyen las prácticas agrícolas, las condiciones climáticas, el material vegetal y procesos de mejora adicionales, implementados en cualquiera de estos métodos.

Propiedades fisicoquímicas del almidón de camote (*Ipomoea batatas L.*) determinadas en laboratorio

Se evaluaron ocho variables fisicoquímicas, no obstante, para el análisis se consideraron cuatro grupos, el primero consistió en variables analizadas individualmente, y los siguientes están conformados por variables relacionadas, debido al diseño factorial, y al respaldo teórico.

Tabla 17

Propiedades fisicoquímicas del almidón de 6 líneas de camote bajo 2 métodos de extracción

Línea genética	Variables fisicoquímicas independientes									
	Cenizas (%)		Fibra cruda (%)		Amilosa (%)		Amilopectina (%)		Almidón total (%)	
	Método		Método		Método		Método		Método	
	VS	VH	VS	VH	VS	VH	VS	VH	VS	VH
L11	4,78	0,48	4,26	0,52	19,12	34,02	80,88	65,98	73,73	94,21
	4,76	0,47	4,16	0,47	19,10	34,85	80,90	65,15	70,74	93,90
	4,67	0,45	4,04	0,57	19,47	35,07	80,53	64,93	70,63	97,11
L15	3,80	0,18	3,48	0,72	19,06	32,60	80,94	67,40	75,25	77,55
	4,03	0,20	3,43	0,77	19,20	33,82	80,80	66,18	76,60	76,42
	3,79	0,19	3,20	0,80	19,35	33,94	80,65	66,06	77,41	75,82
L16	2,70	0,12	2,50	0,52	23,67	31,42	76,33	68,58	76,83	86,97
	3,00	0,11	2,21	0,52	23,94	31,22	76,06	68,78	78,68	89,37
	3,11	0,10	2,71	0,47	23,48	32,16	76,52	67,84	77,98	84,88
L17	3,11	0,34	3,34	1,04	25,21	33,37	74,79	66,63	72,00	87,45
	3,01	0,34	3,34	0,72	26,41	33,53	73,59	66,47	70,00	86,14
	3,13	0,48	2,46	0,88	26,13	34,22	73,87	65,78	73,00	84,24
L18	4,81	0,77	4,46	0,66	29,45	31,36	70,55	68,64	69,66	90,48
	4,97	0,88	5,26	0,73	31,33	32,81	68,67	67,19	70,96	93,80
	5,11	0,78	4,74	0,68	31,90	32,40	68,10	67,60	71,92	92,33
L19	3,98	0,93	4,47	0,79	20,29	33,00	79,71	67,00	71,24	77,00
	4,18	0,92	4,92	0,89	20,86	33,57	79,14	66,43	69,74	79,82
	4,08	0,77	4,47	0,89	20,61	33,37	79,39	66,63	69,90	76,78

Nota: Se muestra porcentajes de las variables fisicoquímicas independientes por línea genética y método de extracción

Almidón total

El almidón total se refiere a la máxima cantidad de almidón extraíble de un determinado material vegetal, es decir, que está conformado por el almidón potencialmente disponible, el cual es susceptible a la extracción convencional, el almidón resistente, presente como amilosa retrograda, y el almidón residual que no consigue desprenderse de la pared celular vegetal durante la extracción normal. Para acceder a las dos fracciones restantes, es necesario realizar un proceso de pre cocción, seguido por un

procesamiento alcalino, solubilizando el almidón resistente y desintegrando la pared celular (Tovar et al., 1990, p. 1821).

Tabla 18

Medias \pm desviación estándar del contenido de almidón total por línea de camote bajo el efecto de 2 métodos de extracción

Línea genética	Vía de extracción	Almidón total (%)
Línea 11	Húmeda	95,07 \pm 1,768 a
Línea 18	Húmeda	92,20 \pm 1,668 a
Línea 16	Húmeda	87,07 \pm 2,245 b
Línea 17	Húmeda	85,94 \pm 1,613 b
Línea 19	Húmeda	77,86 \pm 1,694 c
Línea 16	Seca	77,83 \pm 0,932 c
Línea 15	Húmeda	76,60 \pm 0,878 c
Línea 15	Seca	76,42 \pm 1,095 cd
Línea 11	Seca	71,70 \pm 1,756 de
Línea 17	Seca	71,67 \pm 1,528 e
Línea 18	Seca	70,85 \pm 1,134 e
Línea 19	Seca	70,29 \pm 0,822 e

Nota: Se muestra medias y desviación estándar n=3. Medias seguidas de la misma letra no presentan diferencias significativas al $p > 0.05$ por test de Tukey.

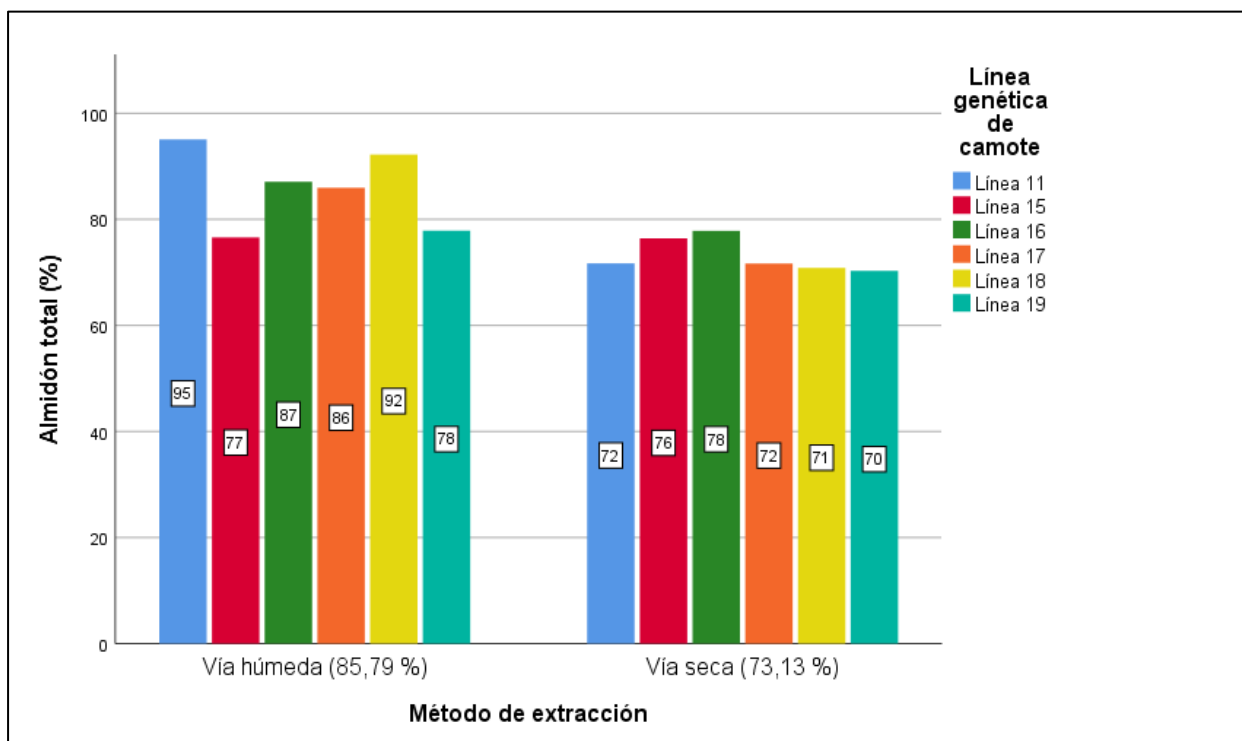
Los resultados del ANOVA indicaron un efecto estadísticamente significativo, sobre el contenido de almidón total, por efecto de la interacción entre la línea genética del camote y el método de extracción. Los estadísticos se estimaron para la interacción de factores ($F_{(5,24)} = 52.21$, $p = <.001$, $\eta_p^2 = 3.30$, $\beta = 1.00$), identificando una gran potencia estadística y tamaño del efecto óptimo.

La interacción de factores influyó en el comportamiento de las propiedades físico-químicas del producto, y el porcentaje de almidón total (%) no es la excepción. Un mayor (%) de almidón total se obtuvo a partir del material derivado de la extracción por vía húmeda; no obstante, en este punto la línea genética ha empezado a tener un papel más determinante que el método de extracción, como se puede

apreciar en la tabla 18, donde las líneas 15, 16 y 19, carecen de una diferencia estadísticamente significativa, independientemente del método de extracción.

Figura 11

Almidón total por método de extracción y línea genética de camote



Nota: La figura representa el promedio de los valores obtenidos para la variable almidón total, por línea genética y método de extracción

En la figura 11, se visualiza que el porcentaje de almidón total obtenido fue más homogéneo al extraerse por vía seca, pero la extracción por vía húmeda produjo un mayor rendimiento medio que la vía seca; de manera que la vía húmeda aporta un almidón de mejor calidad, para la formulación de aditivos en la industria alimentaria (Manzanillas Rojas, 2018, p. 26).

Manzanillas Rojas (2018, p. 25), determinó el porcentaje de almidón total para tres variedades de camote, sometidos a extracción por vía húmeda, obteniendo valores de 25,80% (camote anaranjado), 27,86% (blanco) y 25,12% (morado).

Mientras que el rendimiento de almidón total para plátano y banana fue de 68,13% y 73,42% (Soto Azurduy, 2010, p. 96). En la investigación reportada por Blanco-Metzler et al. (2004, p. 5), obtuvo valores de 24,3% para Yuca y de 17,5% para Ñame.

Cenizas

El contenido de cenizas representa la fracción mineral dentro de la materia orgánica. El contenido de cenizas depende de la especie y variedad vegetal de la que procede el almidón (Mercedes, 2017, p.33), en este caso, dependerá de la línea genética del camote. Por consiguiente, se evaluó la variación del contenido de cenizas bajo la influencia del método de extracción y la línea genética.

Tabla 19

Medias \pm desviación estándar del contenido de cenizas por línea de camote bajo el efecto de 2 métodos de extracción

Línea genética	Vía de extracción	Porcentaje de cenizas (%)
Línea 18	Seca	4,96 \pm 0,15 a
Línea 11	Seca	4,74 \pm 0,06 a
Línea 19	Seca	4,08 \pm 0,10 b
Línea 15	Seca	3,87 \pm 0,14 b
Línea 17	Seca	3,08 \pm 0,06 c
Línea 16	Seca	2,94 \pm 0,21 c
Línea 19	Húmeda	0,87 \pm 0,09 d
Línea 18	Húmeda	0,81 \pm 0,06 d
Línea 11	Húmeda	0,47 \pm 0,02 e
Línea 17	Húmeda	0,38 \pm 0,08 ef
Línea 15	Húmeda	0,19 \pm 0,01 ef
Línea 16	Húmeda	0,11 \pm 0,01 f

Nota. Se muestra medias y desviación estándar $n=3$. Medias seguidas de la misma letra no presentan diferencias significativas al $p > 0.05$ por test de Tukey.

La matriz de ANOVA bifactorial indicó que los factores: método de extracción y línea genética, presentaron un efecto estadísticamente significativo tanto individualmente, como de forma combinada. Por lo cual, resultó oportuno estimar los estadísticos de tamaño del efecto y potencia estadística para la

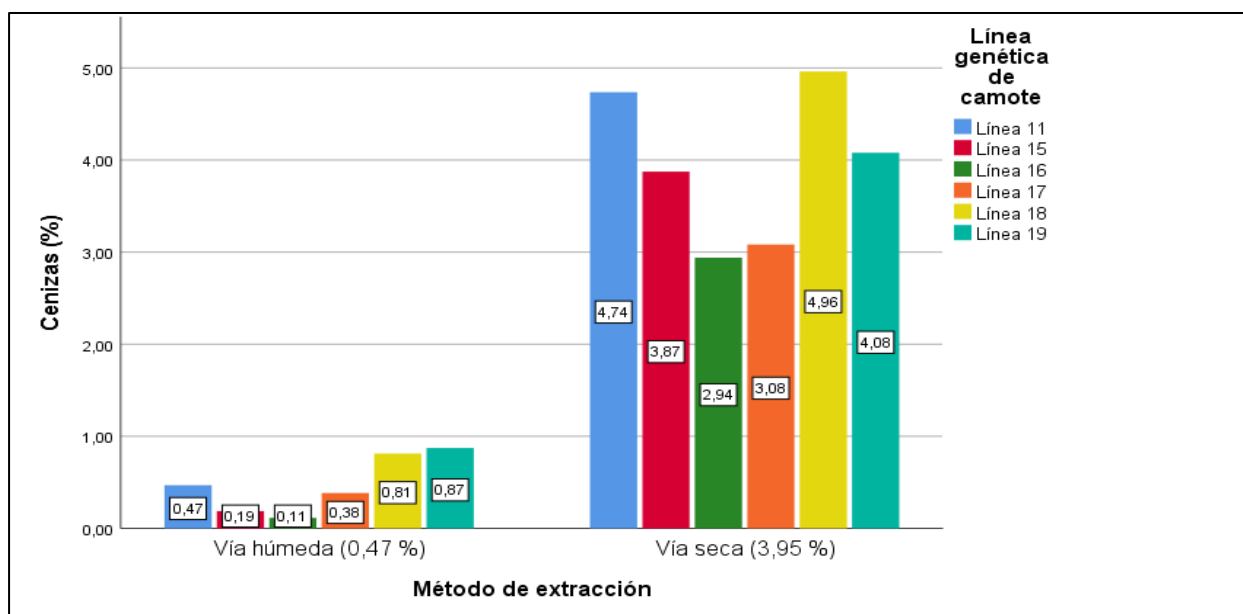
interacción ($F_{(5,24)} = 65.35$, $p = <.001$, $\eta^2=3.70$, $\beta= 1.00$), en lugar de hacerlo para el método de extracción, y línea genética por separado, donde la probabilidad de cometer el error de tipo II es mínima, y el tamaño del efecto supera satisfactoriamente el valor de 0.40.

Con estas consideraciones se realizó las pruebas post hoc de comparación múltiple, que permitieron identificar entre que tratamientos se presentaron diferencias estadísticamente significativas, se empleó la prueba de diferencia honestamente significativa de Tukey, los resultados se muestran en la tabla 19.

El contenido de cenizas sigue un comportamiento similar al rendimiento del almidón, es decir, que presenta valores mayores para la extracción por vía seca en relación a la vía húmeda, con la particularidad de que este parámetro fue susceptible a la interacción de los dos factores. El porcentaje de cenizas para la vía seca estuvo entre 2,94 a 4,96%, mientras que, para la vía húmeda se encontró entre 0,11 a 0,87%.

Figura 12

Cenizas por método de extracción y línea genética de camote



Nota: La figura representa el promedio de los valores obtenidos para la variable ceniza, por línea genética y método de extracción

En la figura 12, se observa que la línea 16 presentó menor porcentaje de cenizas para los dos métodos de extracción, pero de forma general, se obtuvo un almidón de mayor pureza y calidad por vía húmeda, ya que las seis líneas de camote tuvieron un contenido de cenizas menor al 2 % establecido por la NTE INEN-ISO 3593, y solo la línea 16 estuvo por debajo del 0,12 establecido por AOAC 942.05 (Parra, 2019, p. 40; Chimbo, 2021, p. 67).

En el estudio de Valdés-Restrepo et al. (2021, p. 4), que evaluó las propiedades de 10 clones de camote a nivel de forraje y tubérculo, determinó que el contenido de cenizas por vía seca fue de 3,46 a 5,78%. De modo similar Arrieta & Jiménez (2017, p. 27), determinó porcentajes de ceniza para cuatro variedades de camote (*Ipomoea batatas Lam.*), comprendidos entre 2,65 y 4,38%, valores que se encuentran dentro del rango de los resultados obtenidos en esta investigación.

Por otro lado, los porcentajes de ceniza correspondiente a vía húmeda, guardan relación con el 0,09 y 0,26% de cenizas de almidón de camote, determinados por Zavaleta Sánchez, (2019, p. 15) y Cuadrado (2019, p. 140), respectivamente.

Fibra cruda

El camote, llamado también batata o papa dulce es un tubérculo con alto contenido de fibra dietética, macro y micronutrientes lo que lo cataloga como un alimento saludable, de acuerdo con Arrieta & Jiménez (2017, p. 10), por cada 100 gramos de camote hay 3,14 gramos de fibra, mientras que el almidón en base seca tiene 0,28% de fibra.

El contenido de fibra puede cambiar de una variedad a otra, también puede ser modificado por el método de extracción del almidón, por lo tanto, fue necesario verificar su comportamiento mediante un análisis de varianza.

Tabla 20

Medias \pm desviación estándar del *contenido de fibra cruda por línea de camote bajo el efecto de 2 métodos de extracción*

Línea genética	Vía de extracción	Porcentaje de fibra cruda (%)
Línea 18	Seca	4,82 \pm 0,41 a
Línea 19	Seca	4,62 \pm 0,26 a
Línea 11	Seca	4,15 \pm 0,11 a
Línea 15	Seca	3,37 \pm 0,15 b
Línea 17	Seca	3,04 \pm 0,51 bc
Línea 16	Seca	2,47 \pm 0,25 c
Línea 17	Húmeda	0,88 \pm 0,16 d
Línea 19	Húmeda	0,86 \pm 0,06 d
Línea 15	Húmeda	0,76 \pm 0,04 d
Línea 18	Húmeda	0,69 \pm 0,04 d
Línea 11	Húmeda	0,52 \pm 0,05 d
Línea 16	Húmeda	0,50 \pm 0,03 d

Nota. Se muestra medias y desviación estándar $n=3$. Medias seguidas de la misma letra no presentan diferencias significativas al $p > 0.05$ por test de Tukey.

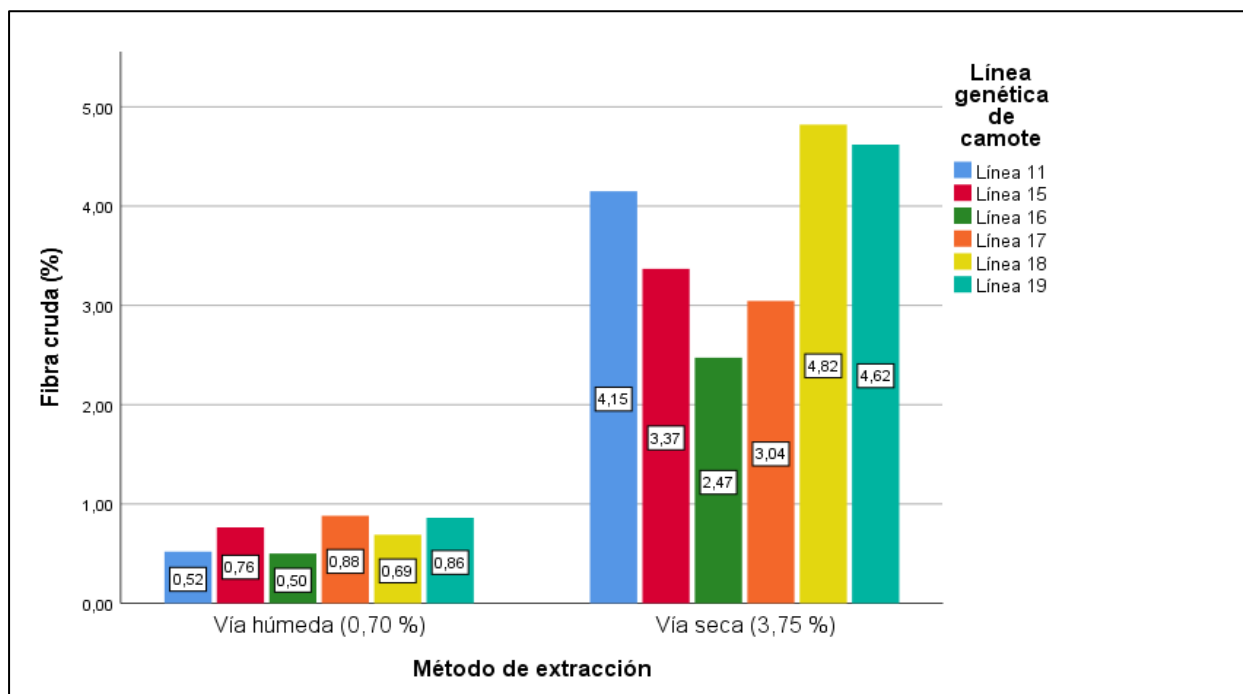
La matriz de ANOVA bifactorial indicó que los factores método de extracción y línea genética, presentaron un efecto estadísticamente significativo tanto individualmente, como de forma combinada sobre el contenido de fibra. Se estimó los estadísticos de tamaño del efecto y potencia estadística únicamente para la interacción de factores ($F_{(5,24)} = 23.92$, $p = <.001$, $\eta_p^2 = 2.23$, $\beta = 1.00$). La probabilidad de cometer el error de tipo II fue mínima, además el tamaño del efecto superó el valor de referencia de 0.40 para efectos grandes.

El almidón extraído por vía seca mostró un contenido de fibra entre 2,47 a 4,82%, mientras que el almidón que se extrajo por vía húmeda mantuvo un rango entre 0,50 a 0,88%, sin presentar diferencias estadísticamente significativas entre ningunas de las seis líneas.

Por lo cual, se puede deducir que el contenido de fibra depende principalmente del método de extracción, aunque en la extracción por vía seca las líneas de camote también provocan diferencias significativas (ver figura 13).

Figura 13

Fibra cruda por método de extracción y línea genética de camote



Nota: La figura representa el promedio de los valores obtenidos para la variable fibra cruda, por línea genética y método de extracción

De acuerdo con Arrieta & Jiménez (2017, p. 10), la fibra representa la fracción escasamente digerible del camote, y otras matrices vegetales, se encuentra formada por estructuras complejas de carbono, poco susceptibles a la digestión, pero fácilmente desintegradas por acción mecánica. Al extraer el almidón por vía seca, la fibra es disgregada en pequeñas partículas, que son arrastradas junto con el almidón a través de la etapa de tamizado, mientras que por vía húmeda la eliminación de la fibra es más eficiente (mayor calidad), sin embargo, los dos métodos arrojaron valores por debajo del 12 % referencial de la norma NTE INEN 2725 (Chimbo, 2021, p. 50).

Los resultados de vía húmeda se asemejan a los porcentajes de fibra de 0,43% en camote morado y 0,47% en camote amarillo que reportó Murillo-Martínez et al. (2021, p. 121), en cuanto al porcentaje de fibra asociado al almidón de camote de vía seca, Arrieta & Jiménez (2017, p. 27), determinaron porcentajes de 3,08 a 6,12%; además, al estudiar muestras procedentes de distintas localidades concluyeron que este parámetro no influye en el contenido de fibra, no obstante la variedad genética, el ciclo de cultivo y la etapa de maduración sí podrían intervenir en tal resultado.

Amilosa y amilopectina

La complejidad estructural del biopolímero de almidón es debido a la presencia de moléculas de amilosa (lineales) y amilopectina (ramificadas), que están formados por monómeros de glucosa; son variables inversamente proporcionales, que vienen determinadas por la planta; su proporción influye en el grado de gelatinización, retrogradación e hidrosolubilidad del almidón (Cobana & Antezana, 2007).

Tabla 21

Medias \pm desviación estándar de la amilosa y amilopectina por línea de camote bajo el efecto de 2 métodos de extracción.

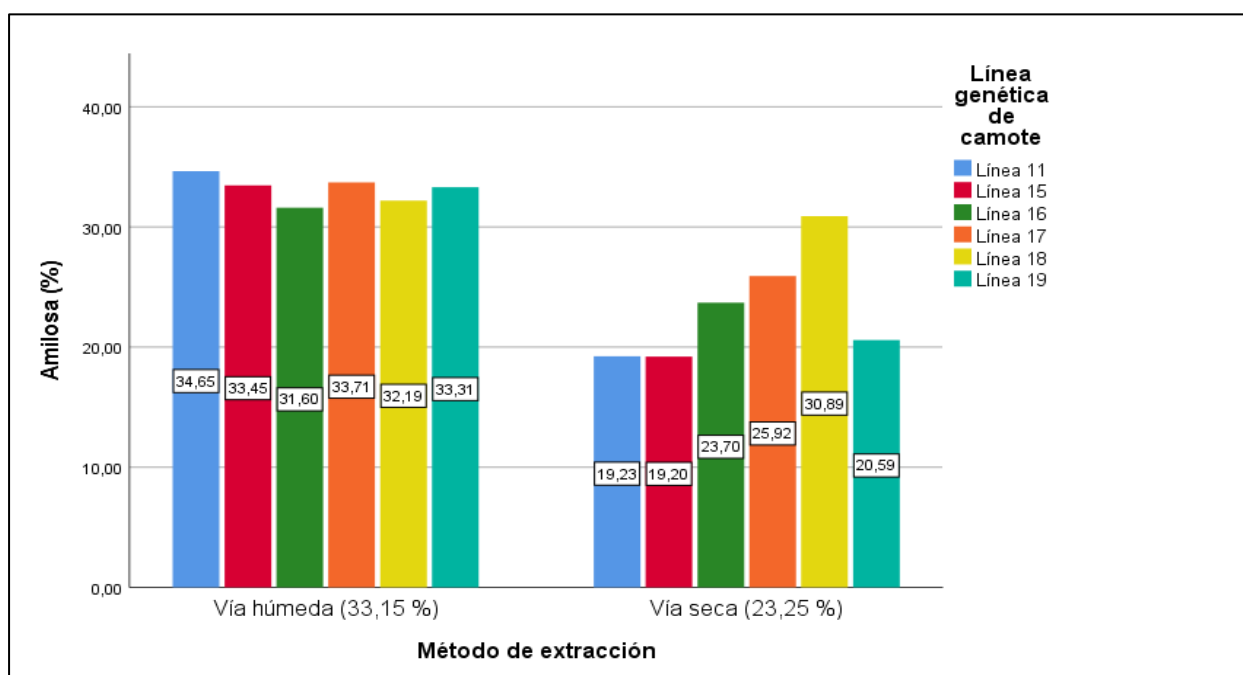
Línea genética	Vía de extracción	Amilosa (%)	Amilopectina (%)
Línea 15	Seca	19,20 \pm 0,15 g	80,80 \pm 0,15 a
Línea 11	Seca	19,23 \pm 0,21 g	80,77 \pm 0,21 a
Línea 19	Seca	20,59 \pm 0,29 g	79,41 \pm 0,29 a
Línea 16	Seca	23,70 \pm 0,23 f	76,30 \pm 0,23 b
Línea 17	Seca	25,92 \pm 0,63 e	74,08 \pm 0,63 c
Línea 18	Seca	30,89 \pm 1,28 d	69,11 \pm 1,28 d
Línea 16	Húmeda	31,60 \pm 0,50 cd	68,40 \pm 0,50 de
Línea 18	Húmeda	32,19 \pm 0,75 bcd	67,81 \pm 0,75 def
Línea 19	Húmeda	33,31 \pm 0,29 abc	66,69 \pm 0,29 efg
Línea 15	Húmeda	33,45 \pm 0,74 ab	66,55 \pm 0,74 fg
Línea 17	Húmeda	33,71 \pm 0,45 ab	66,29 \pm 0,45 fg
Línea 11	Húmeda	34,65 \pm 0,55 a	65,35 \pm 0,55 g

Nota. Se muestra medias y desviación estándar n=3. Medias de cada columna seguidas de la misma letra no presentan diferencias significativas al $p > 0.05$ por test de Tukey.

El ANOVA factorial mostró que la interacción de ambas variables independientes tuvo un efecto significativo sobre el contenido de amilosa, y consecuentemente de amilopectina. El análisis de varianza y los demás estadísticos complementarios ($F_{(5,24)} = 120.41$, $p = <.001$, $\eta_p^2 = 5.03$, $\beta = 1.00$), se estimaron solo para la amilosa, puesto que la amilopectina es una variable recíproca. Detectándose una gran potencia estadística, y un tamaño del efecto óptimo para la amilosa. Se presenta la tabla 21 que expone la correspondencia inversamente proporcional, que existe entre las medias de la amilosa y la amilopectina, los porcentajes de amilosa presentaron un marcado rendimiento, obteniéndose valores de 19,20 a 30,89% para vía seca, y de 31,60 a 34,65% para vía húmeda. El porcentaje de amilosa deseable se encuentra en un rango entre el 25 al 30%, sin embargo, un alto contenido de amilosa promueve la gelatinización del almidón, y su solubilidad en agua fría, propiedades útiles en la industria alimentaria (Cuadrado, 2019, pp. 12-16).

Figura 14

Contenido de amilosa por método de extracción y línea genética de camote



Nota: La figura representa el promedio de los valores obtenidos para la variable amilosa, por método de extracción y línea genética

En el presente estudio (ver figura 14), el almidón extraído por vía húmeda (33,15%), mostró un porcentaje de amilosa mayor que el de vía seca (23,25%), lo cual concuerda, con lo citado por Zavaleta (2019, p. 16), que sostiene que la extracción por vía húmeda alcanzará valores de hasta 40,75% de amilosa; de hecho, en su estudio de caracterización del almidón a partir de Arracacha, Camote y Oca, obtuvo porcentajes de 22,77; 42,65 y 31,87%, como corresponde.

Del mismo modo, Arrieta & Jiménez (2017, p. 60), reportaron valores de amilosa entre 17,12 a 24,88% para cuatro variedades de camote (Chinú, 440224, 199064-1 y criolla), además encontraron cierta correlación entre el contenido de amilosa y la temperatura del lugar de procedencia del cultivo. A diferencia de los estudios anteriores Briones & Riera (2020, p. 5), al caracterizar el almidón de la cáscara de yuca obtuvieron un mayor porcentaje de amilosa en la extracción por vía seca (20,20%) frente a la extracción por vía húmeda (17,10%).

De acuerdo con Cobana & Antezana (2007, p. 81), la relación amilosa-amilopectina, es uno de los factores principales que determina la funcionalidad del almidón; ya que modifica algunas propiedades funcionales como: viscosidad, textura, gelatinización, estabilidad del gel, retrogradación, e incluso, la digestibilidad (Arrieta & Jiménez, 2017, p. 62).

Tasa de almidón digerible y almidón resistente

La tasa de almidón digerible se evalúa a partir de un grupo de cuatro variables, las cuales consisten en almidón de digestión rápida (RDS), almidón de digestión lenta (SDS), almidón total digerible (TDS), y almidón resistente (RS).

De acuerdo con la prueba multivariante Traza de Pillai del MANOVA, se indicó que hay diferencias en la interacción de las variables dependientes (RDS, SDS, TDS y RS), en función del método de extracción ($F_{(4,21)} = 222,333$, $p < .001$), y línea genética ($F_{(20,96)} = 8,156$, $p < .001$), por separado, así como por su interacción. Donde el valor para la Traza de Pillai fue ($F_{(20,96)} = 7.282$, $p < .001$ $\eta^2=1.52$, $\beta= .99$); la probabilidad del error tipo II es del 1%; con un tamaño del efecto superior al estándar de 0.40.

Por lo cual, se acepta la hipótesis de investigación, es decir que la interacción de los factores tiene influencia sobre la interacción de variables de respuesta.

Una vez comprobada la hipótesis de trabajo, conviene verificar si la interacción de factores sigue teniendo un efecto estadísticamente significativo, sobre las variables dependientes individuales, es decir, el efecto de la interacción línea genética por método de extracción sobre RDS, SDS, TDS y RS por separado.

Tabla 22

Análisis de la varianza de efectos inter-sujetos para RDS, SDS, TDS y RS

Origen	Variable dependiente	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	Eta parcial cuadrado
Línea	RDS	403,781	5	80,756	34,575	,000	,878
	SDS	214,171	5	42,834	7,756	,000	,618
	TDS	519,437	5	103,887	13,734	,000	,741
	RS	62,445	5	12,489	24,070	,000	,834
Método	RDS	117,721	1	117,721	50,401	,000	,677
	SDS	210,276	1	210,276	38,074	,000	,613
	TDS	86,039	1	86,039	11,375	,003	,322
	RS	333,897	1	333,897	643,520	,000	,964
Línea *	RDS	485,181	5	97,036	41,545	,000	,896
Método	SDS	570,131	5	114,026	20,647	,000	,811
	TDS	934,972	5	186,994	24,721	,000	,837
	RS	157,952	5	31,590	60,884	,000	,927
Error	RDS	56,056	24	2,336			
	SDS	132,547	24	5,523			
	TDS	181,539	24	7,564			
	RS	12,453	24	,519			
Total	RDS	4644,216	36				
	SDS	19290,373	36				
	TDS	71495,129	36				
	RS	1574,280	36				

- a. R al cuadrado = ,896
- b. R al cuadrado = ,811
- c. R al cuadrado = ,837
- d. R al cuadrado = ,927

Los efectos inter-sujetos del MANOVA indican que, existen diferencias en las variables dependientes (RDS, SDS, TDS y RS), analizadas por separado, debido al efecto individual de los factores, así como por su interacción. Se estimaron los estadísticos para las cuatro variables dependientes: almidón de digestión rápida ($F_{(5,24)} = 41,545$, $p = <.001$), almidón de digestión lenta ($F_{(5,24)} = 20,647$, $p = <.001$), almidón total digerible ($F_{(5,24)} = 24,721$, $p = <.001$) y almidón resistente ($F_{(5,24)} = 60,884$, $p = <.001$), corroborando el cumplimiento de la hipótesis de investigación.

Tabla 23

Medias \pm desviación estándar del contenido de almidón de digestión rápida, almidón de digestión lenta, almidón total digerible y almidón resistente por línea de camote bajo el efecto de 2 métodos de extracción

Línea genética	Vía de extracción	RDS	SDS	TDS	RS
Línea 16	Seca	5,89 \pm 0,69	17,77 \pm 0,84	50,56 \pm 4,53	10,89 \pm 1,09 a
Línea 11	Seca	24,52 \pm 3,25	13,95 \pm 2,88	45,48 \pm 2,10	6,59 \pm 0,19 b
Línea 11	Húmeda	8,56 \pm 0,41	35,45 \pm 2,41	57,68 \pm 4,38	8,17 \pm 0,55 c
Línea 17	Seca	7,37 \pm 3,41	18,80 \pm 3,80	38,09 \pm 4,71	9,23 \pm 0,61 d
Línea 19	Seca	7,84 \pm 0,05	24,75 \pm 1,52	44,32 \pm 0,51	10,47 \pm 1,78 d
Línea 19	Húmeda	7,14 \pm 1,84	26,60 \pm 1,50	43,58 \pm 2,46	2,32 \pm 0,33 eh
Línea 18	Húmeda	2,12 \pm 0,33	20,08 \pm 1,59	38,07 \pm 1,49	2,13 \pm 0,53 e
Línea 18	Seca	12,75 \pm 0,06	21,82 \pm 1,51	45,36 \pm 0,56	4,92 \pm 0,68 f
Línea 15	Seca	12,32 \pm 0,33	23,18 \pm 4,57	49,61 \pm 1,43	7,91 \pm 0,55 f
Línea 15	Húmeda	10,65 \pm 0,49	22,55 \pm 1,35	41,36 \pm 0,20	0,34 \pm 0,08 gh
Línea 16	Húmeda	7,98 \pm 0,99	18,69 \pm 2,02	30,96 \pm 1,25	0,21 \pm 0,06 g
Línea 17	Húmeda	12,53 \pm 0,61	25,91 \pm 0,90	43,22 \pm 3,46	0,29 \pm 0,05 h

Nota: Se muestra medias y desviación estándar $n=3$. Conjunto de medias seguidas de la misma letra no presentan diferencias significativas al $p > 0.05$ por test de Hotelling (Bonferroni).

Teniendo en consideración que las cuatro variables que componen la tasa de almidón digerible están fuertemente relacionadas entre sí, y que además fueron susceptibles al efecto de la interacción, entre las líneas genéticas de camote y los métodos de extracción de almidón, fue oportuno realizar la prueba post hoc de Hotelling (Bonferroni), con un alfa de 0.05, con el objetivo de estimar la diferencia de medias entre los doce tratamientos, a partir de una comparación simultánea de las cuatro variables dependientes de tasa de almidón digerible (RDS, SDS, TDS y RS), encontrando diferencias significativas entre los tratamientos y las variables de respuesta, donde destacó el almidón procedente de la línea 16 por vía seca, al presentar un vector de medias superior respecto a los demás tratamientos, sugiriendo que presenta una mejor tasa de almidón digerible.

La clasificación de digestibilidad hace referencia a las cuatro fracciones de almidón, indicadas en la tabla 23. De acuerdo con Cordón (2019, pp. 3-11), el camote tiene una mayor proporción de almidón rápidamente digerible (RDS), no obstante, desde el punto de vista nutricional es preferible una mayor proporción de almidón de digestión lenta (SDS), puesto que brinda beneficios como prevención de enfermedades cardiovasculares, diabetes y mejoras del rendimiento mental. Además, en su investigación analizó la variación en las fracciones del almidón entre camote nativo y camote modificado, donde la variedad nativa presentó valores de: 59, 25 y 16% para las fracciones rápidamente digerible, lentamente digerible y resistente, respectivamente.

Ahn et al. (2013, p. 386), evaluaron las propiedades fisicoquímicas de 15 muestras de harina de camote, determinando los porcentajes para RDS (9,4 a 47,1%), SDS (31,5 a 56,5%) y RS (18,8 a 42,8%). Por otro lado, Truc et al. (2020, p. 307), reportaron porcentajes de 45,01; 15,05 y 37,62% para RDA, SDS y RS, respectivamente. Según Cordón (2019, p. 11), la proporción entre las fracciones de almidón está influenciada por la variedad vegetal, la localidad, condiciones propias del cultivo y el método de extracción.

Estabilidad de almacenamiento en refrigeración

Este parámetro consiste en evaluar el grado de eliminación de agua (sinéresis), contenida en una masa de almidón gelatinizada, como consecuencia del ordenamiento molecular que ocurre durante el almacenamiento a 4 °C, produciendo la alteración de las propiedades reológicas de los productos elaborados a base de almidón (Granados et al., 2014, p. 94).

Tabla 24

Medias \pm desviación estándar de la estabilidad de almacenamiento en refrigeración del almidón por línea de camote bajo el efecto de 2 métodos de extracción

Estabilidad de almacenamiento en refrigeración del almidón					
N° grupo	Interacción	Media \pm D.E.	N° grupo	Interacción	Media \pm D.E.
1	L18:VH:D1	98,38 \pm 0,20 a	25	L17:VH:D3	72,39 \pm 0,26 ño
2	L15:VH:D1	98,23 \pm 0,16 a	26	L19:VH:D1	72,38 \pm 0,96 ño
3	L11:VH:D1	94,37 \pm 0,37 b	27	L18:VS:D1	70,71 \pm 0,21 ñop
4	L15:VH:D2	93,79 \pm 0,26 bc	28	L17:VS:D5	70,51 \pm 0,27 op
5	L15:VH:D3	90,61 \pm 0,11 cd	29	L11:VS:D1	69,60 \pm 1,08 opq
6	L11:VH:D2	89,67 \pm 0,34 de	30	L16:VH:D5	68,89 \pm 1,00 pq
7	L16:VH:D1	87,58 \pm 1,18 def	31	L19:VH:D2	67,99 \pm 1,00 pq
8	L16:VS:D1	87,24 \pm 1,05 ef	32	L16:VS:D5	67,66 \pm 1,02 pqr
9	L11:VH:D3	84,39 \pm 0,39 fg	33	L19:VH:D3	66,66 \pm 2,08 qrs
10	L17:VS:D1	84,37 \pm 0,21 fg	34	L19:VS:D1	64,71 \pm 1,04 rst
11	L16:VH:D2	83,14 \pm 1,72 gh	35	L17:VH:D5	63,86 \pm 1,76 st
12	L15:VS:D1	80,93 \pm 1,10 hi	36	L15:VS:D2	62,47 \pm 0,25 tu
13	L16:VH:D3	80,55 \pm 0,24 hij	37	L11:VS:D2	59,43 \pm 0,24 uv
14	L15:VH:D5	80,36 \pm 0,21 hij	38	L11:VS:D3	59,10 \pm 1,81 v
15	L18:VH:D2	78,81 \pm 0,80 ijk	39	L15:VS:D3	57,73 \pm 1,02 vw
16	L16:VS:D2	77,89 \pm 0,83 ijkl	40	L19:VH:D5	56,65 \pm 2,09 vw
17	L16:VS:D3	77,45 \pm 0,49 jkl	41	L11:VS:D5	54,70 \pm 0,85 w
18	L17:VH:D1	76,55 \pm 0,31 klm	42	L15:VS:D5	48,53 \pm 1,19 x
19	L18:VH:D3	76,41 \pm 0,25 klm	43	L18:VS:D2	47,19 \pm 1,74 x
20	L11:VH:D5	75,75 \pm 0,19 klm	44	L18:VS:D3	43,81 \pm 0,93 y
21	L17:VS:D2	75,44 \pm 0,31 lmn	45	L18:VS:D5	39,54 \pm 0,66 z
22	L17:VH:D2	75,17 \pm 0,64 lmn	46	L19:VS:D2	39,30 \pm 0,26 z
23	L18:VH:D5	74,73 \pm 1,70 lmn	47	L19:VS:D3	37,19 \pm 1,13 z
24	L17:VS:D3	73,89 \pm 0,71 mnñ	48	L19:VS:D5	28,05 \pm 0,92 A

Nota: Se muestra medias y desviación estándar n=3. Medias seguidas de la misma letra no presentan diferencias significativas al $p > 0.05$ por test de Tukey.

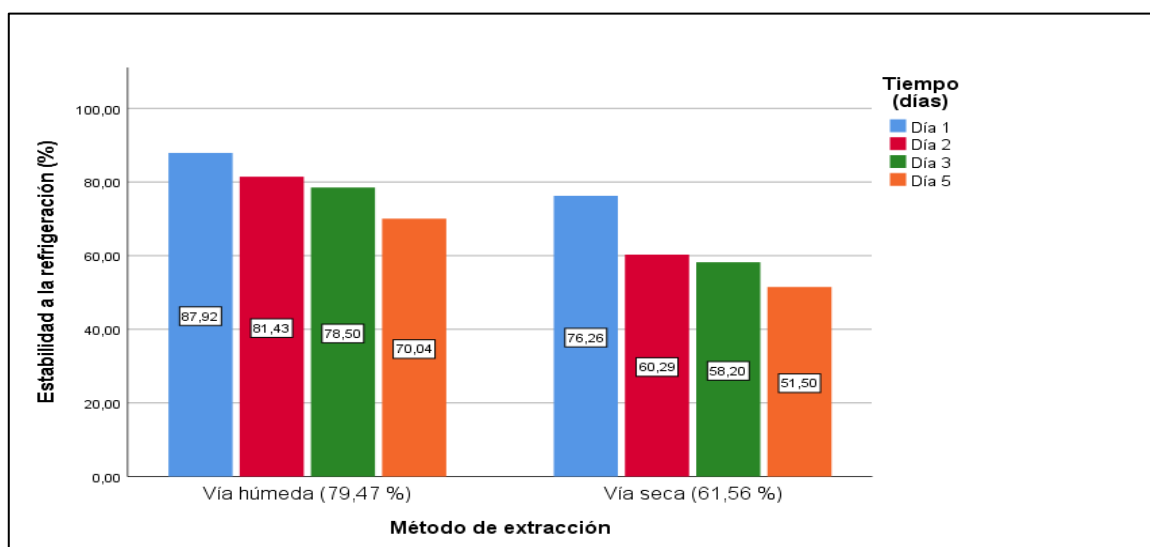
A partir del ANOVA de un arreglo trifactorial 2x4x6, se determinó que la interacción entre los dos métodos de extracción, las seis líneas genéticas de camote y los cuatro días de refrigeración, presentaron un efecto significativo sobre la estabilidad de almacenamiento del almidón; tales hallazgos se sustentan bajo los siguientes estadísticos: ($F_{(15,96)} = 32,08$, $p = <.001$, $\eta_p^2 = 2.24$, $\beta = 1.00$).

Se aprecia que la probabilidad de incurrir en un error tipo II es casi inexistente; mientras que, el tamaño del efecto indica que hay una gran diferencia entre los grupos conformados por la interacción de los tres factores. Las pruebas post hoc, se corrieron con el estadístico de la diferencia honestamente significativa de Tukey, para cada uno de los 48 tratamientos de interacción, sus resultados fueron presentados, en la tabla 24.

En términos generales, a nivel de las líneas genéticas la que presentó una mejor estabilidad fue la línea 18, seguida de la 15, 11, 16. En cuanto al tiempo de almacenamiento, se detectó una mayor estabilidad al día 1, y así sucesivamente hasta día 5; mientras que, para los métodos de extracción, se mantiene una mayor estabilidad a la refrigeración en la vía húmeda (ver figura 15)

Figura 15

Estabilidad de almacenamiento en refrigeración por método de extracción y tiempo de refrigeración



Nota: La figura representa el promedio de los valores obtenidos para la variable estabilidad del almidón, por método de extracción y tiempo en días.

Sin embargo, debido a la interacción que mantienen las variables independientes, se pudo identificar que la mayor estabilidad de almacenamiento correspondió al almidón de la línea genética 18, extraído por vía húmeda, al primer día de evaluación, presentando un 98,38 % de estabilidad. En el otro extremo, la estabilidad de almacenamiento más deficiente (28.05 %) se determinó para el almidón de la línea genética 19, extraído por vía seca, evaluada tras 5 días de refrigeración.

Contreras (2021, p. 32), desarrolló biopelículas de grado alimenticio, a partir del almidón acetilado extraído de una variedad de camote morado por vía húmeda, determino el grado de sinéresis que presento dicha variedad de camote, reportándolo en conjunto con otras dos variedades nativas de camote. Al expresar sus resultados como grado de estabilidad, obtuvo que la variedad Zanahorio presento una estabilidad de 97,12; 96,84 y 96,73%, la variedad Morado valores de 97,81; 97,57 y 97,41% y finalmente la variedad Blanco con valores de 97,77; 97,51 y 97,0% para los días 1, 2 y 3, respectivamente.

Por lo general, el almidón de camote presenta un alto grado de estabilidad a la refrigeración, como lo expone Narvéez (2013, pp. 68–73), que encontró valores de 99,70; 99,34 y 98,6% para el camote de la variedad Morado, y valores de: 99,70; 99,50 y 99,42% para el camote de la variedad Arrecho, porcentajes correspondientes al primer, segundo y tercer día de refrigeración.

En otras especies vegetales como en el caso de la yuca, se presentó una estabilidad de 100, 99 y 98 %; en tanto que en la fécula de palma de sagú se registró valores de: 98, 97 y 94 % para el día 2,4 y 10, respectivamente (Granados et al., 2014, p. 94). Por otro lado, la estabilidad a la refrigeración de ocho variedades de papa tuvo una media de 66,86%, lo cual podría estar relacionado al alto contenido de amilopectina que presentaron estas variedades (Gremasqui et al., 2015, p. 74).

Determinación de retrogradación del almidón

La retrogradación ocurre cuando el almidón gelatinizado se enfría, provocando que las moléculas de amilosa disociadas vuelvan a consolidarse en estructuras ramificadas.

Promoviendo la deshidratación del almidón gelificado (Arrieta & Jiménez, 2017, p. 15). La retrogradación está vinculada al contenido de amilosa (directamente proporcionales), no obstante, a nivel industrial interesa contar con almidones con baja retrogradación, ya que de esa manera se garantiza la estabilidad de los productos elaborados (Arrieta & Jiménez, 2017, p. 15).

Tabla 25

Medias \pm desviación estándar de la retrogradación del almidón por línea de camote bajo el efecto de 2 métodos de extracción

Retrogradación del almidón					
N° grupo	Interacción	Media \pm D.E.	N° grupo	Interacción	Media \pm D.E.
1	L19:VS:P1	10,29 \pm 0,18 a	25	L15:VH:P1	4,47 \pm 0,25 lmn
2	L16:VS:P1	9,55 \pm 0,51 b	26	L18:VS:P4	4,31 \pm 0,09 mn
3	L18:VS:P1	8,65 \pm 0,28 c	27	L17:VH:P3	4,30 \pm 0,10 n
4	L11:VS:P1	7,80 \pm 0,39 d	28	L11:VS:P2	3,57 \pm 0,11 ñ
5	L18:VS:P2	7,53 \pm 0,08 de	29	L11:VH:P2	3,52 \pm 0,02 ñ
6	L11:VH:P1	7,44 \pm 0,05 de	30	L17:VS:P4	3,43 \pm 0,06 ñ
7	L16:VS:P2	7,16 \pm 0,06 ef	31	L15:VS:P1	3,34 \pm 0,08 ñ
8	L19:VS:P2	6,73 \pm 0,11 fg	32	L18:VH:P2	3,13 \pm 0,01 ño
9	L19:VH:P1	6,67 \pm 0,48 fgh	33	L16:VH:P4	3,09 \pm 0,19 ño
10	L18:VH:P1	6,62 \pm 0,07 fgh	34	L19:VH:P3	2,58 \pm 0,08 op
11	L17:VS:P1	6,58 \pm 0,18 gh	35	L11:VS:P3	2,55 \pm 0,13 op
12	L19:VS:P3	6,41 \pm 0,07 gh	36	L17:VH:P4	2,43 \pm 0,07 p
13	L19:VS:P4	6,12 \pm 0,08 hi	37	L15:VS:P2	2,43 \pm 0,08 p
14	L16:VS:P3	6,09 \pm 0,09 hi	38	L19:VH:P4	1,68 \pm 0,07 q
15	L16:VH:P1	5,74 \pm 0,12 ij	39	L15:VS:P3	1,54 \pm 0,05 q
16	L19:VH:P2	5,62 \pm 0,45 ij	40	L18:VH:P3	1,44 \pm 0,10 qr
17	L17:VS:P2	5,60 \pm 0,08 ij	41	L15:VH:P2	1,22 \pm 0,07 qrs
18	L16:VH:P2	5,36 \pm 0,04 jk	42	L11:VH:P3	1,14 \pm 0,09 qrs
19	L17:VH:P1	4,98 \pm 0,01 kl	43	L15:VS:P4	1,10 \pm 0,10 qrs
20	L17:VH:P2	4,89 \pm 0,07 klm	44	L11:VS:P4	0,93 \pm 0,07 rst
21	L18:VS:P3	4,73 \pm 0,08 lmn	45	L18:VH:P4	0,83 \pm 0,02 st
22	L17:VS:P3	4,52 \pm 0,08 lmn	46	L11:VH:P4	0,82 \pm 0,08 st
23	L16:VH:P3	4,52 \pm 0,35 lmn	47	L15:VH:P3	0,51 \pm 0,09 tu
24	L16:VS:P4	4,51 \pm 0,03 lmn	48	L15:VH:P4	0,19 \pm 0,06 u

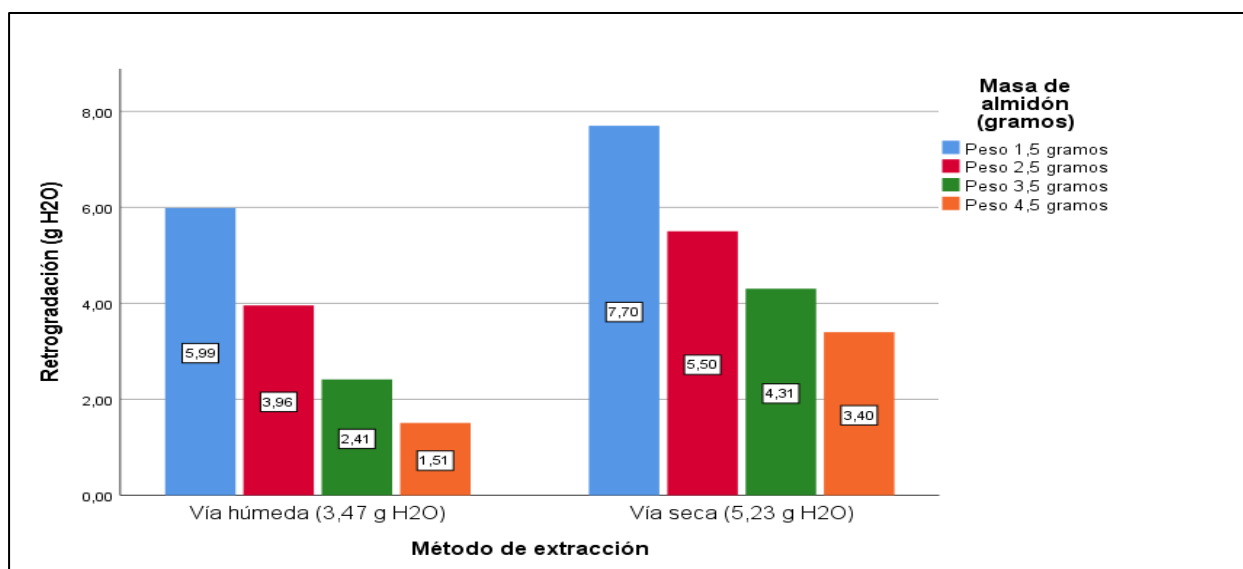
Nota: Se muestra medias y desviación estándar n=3. Medias seguidas de la misma letra no presentan diferencias significativas al $p > 0.05$ por test de Tukey.

A partir del ANOVA de un arreglo trifactorial 2x4x6, se determinó que la interacción entre los dos métodos de extracción, las seis líneas genéticas de camote y los cuatro pesos (masas), si presentaron un efecto significativo sobre la retrogradación del almidón, de acuerdo con los siguientes estadísticos: ($F_{(15,96)} = 61,32$, $p = <.001$, $\eta_p^2 = 3.09$, $\beta = 1.00$), se aprecia que la probabilidad de incurrir en un error tipo II es casi inexistente; mientras que, el tamaño del efecto indica que existe una marcada diferencia entre los grupos conformados por la interacción de los tres factores.

Las pruebas post hoc, se corrieron con el estadístico de la diferencia honestamente significativa de Tukey, para cada uno de los 48 tratamientos de interacción, sus resultados se presentan en la tabla 25. A nivel de las líneas genéticas, la que presentó mayor retrogradación fue la 19 seguida de las líneas 16, 18, 11 y 15. En cuanto a la masa, se evidenció que la retrogradación tuvo un comportamiento inversamente proporcional a los gramos de almidón, es decir, a mayor masa de almidón (4,5 g) menor retrogradación (2.45 g H₂O); y a menor masa de almidón (1.5 g) mayor retrogradación (6.84 g H₂O).

Figura 16

Retrogradación del almidón por método de extracción y peso de la muestra



Nota: La figura representa el promedio de los valores obtenidos para la variable retrogradación del almidón, por método de extracción y peso de la muestra.

En cambio, al considerar la interacción de los tres factores de estudio, se identificó que la mayor retrogradación (10,29 g H₂O), se presentó en la muestra de 1,5 gramos de almidón de la línea 19, que fue extraído por vía seca, y la menor retrogradación (0,19 g H₂O) correspondió a la masa de 4,5 gramos de almidón de la línea 15, que se extrajo por vía húmeda. En el gráfico 8 se observa las diferencias de retrogradación entre las masas y vía de extracción, con un valor medio de 3,47 para vía húmeda y 5,23 para vía seca, lo que significa que el almidón de vía húmeda proveerá mayor estabilidad a los productos elaborados.

Arrieta & Jiménez (2017, p. 59), manifestaron que la tendencia a la retrogradación del almidón está influenciada no solamente por la variedad de camote; también afecta la localidad de procedencia del tubérculo, el peso molecular del almidón, y presencia de tenso activos.

Contreras (2021, p. 42), indicó que las variedades de camote Blanco y Zanahorio poseen un alto contenido de amilosa, en consecuencia, son susceptibles a la retrogradación; por otro lado, la variedad de camote morado se caracterizó por su bajo contenido de amilosa, lo que dificulta la retrogradación en los almidones de esta variedad de camote. Por su parte, Narváez (2013, p. 73), reportó que la variedad de Camote Arrecho tiene una mayor predisposición a la retrogradación, comparado a la variedad de camote morado.

Propiedades funcionales del almidón de camote (*Ipomoea batatas L.*) determinadas en laboratorio

Las características funcionales del almidón vienen determinadas por el índice de absorción en agua (IAA), el índice de solubilidad en agua (ISA), y el poder de hinchamiento (PH); donde, IAA corresponde a un indicador de la cantidad de agua absorbible por una determinada harina, el ISA indica la cantidad de amilosa liberada durante el proceso de gelatinización del almidón, y el PH representa el incremento de masa de los gránulos de almidón no solubilizado, al absorber moléculas de agua que presentan afinidad por el grupo hidroxilo de los extremos terminales de la amilosa y la amilopectina (Contreras,2021) .

De acuerdo con la prueba multivariante Traza de Pillai del MANOVA, se encontró diferencias en la interacción de las variables dependientes (IAA, ISA y PH), en función del método de extracción ($F_{(3,22)} = 8973,393$, $p < .001$), y línea genética ($F_{(15,72)} = 22,462$, $p < .001$), por separado, así como por su interacción. Los estadísticos de Traza de Pillai para la interacción fue ($F_{(15,72)} = 15.874$, $p < .001$ $\eta_p^2 = 3.10$, $\beta = 1.00$), la probabilidad de un error tipo II fue casi inexistente; con un tamaño del efecto mayor a 0.40, cumpliendo la hipótesis de estudio, de que hay diferencias en el índice de solubilidad en agua, índice de absorción en agua y poder de hinchamiento de almidón, de acuerdo con la línea genética y el método de extracción.

Tras verificar que la interacción de las variables independientes tiene efectos significativos sobre las variables dependientes, se requiere verificar si dichos efectos se mantienen sobre las variables dependientes por separado, es decir el efecto de la interacción línea genética por método, sobre el índice de solubilidad en agua, índice de absorción en agua y poder de hinchamiento por separado.

Tabla 26

Análisis de la varianza de efectos inter-sujetos para IAA, ISA y PH

Origen	Variable dependiente	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	Eta parcial cuadrado
Línea	IAA	1,551	5	,310	701,448	,000	,993
	ISA	,006	5	,001	229,383	,000	,980
	PH	2,443	5	,489	841,581	,000	,994
Método	IAA	8,127	1	8,127	18372,406	,000	,999
	ISA	,059	1	,059	11629,487	,000	,998
	PH	13,104	1	13,104	22572,172	,000	,999
Línea *	IAA	1,562	5	,312	706,074	,000	,993
	ISA	,004	5	,001	173,980	,000	,973
	PH	2,463	5	,493	848,498	,000	,994
Error	IAA	,011	24	,000			
	ISA	,000	24	5,068E-6			
	PH	,014	24	,001			
Total	IAA	190,806	36				
	ISA	,138	36				
	PH	219,570	36				

a. R al cuadrado = ,993

b. R al cuadrado = ,973

Los efectos inter-sujetos del MANOVA indican que, si hay diferencias entre las variables dependientes: índice de solubilidad en agua, índice de absorción en agua y poder de hinchamiento, por separado; bien sea por efecto individual de factores, o su interacción; debido a la importancia de la interacción se reportó los estadísticos de: índice de absorción en agua ($F_{(5,24)} = 706.074$, $p = <.001$), índice de solubilidad en agua ($F_{(5,24)} = 173.980$, $p = <.001$), y poder de hinchamiento ($F_{(5,24)} = 848.498$, $p = <.001$), corroborando el cumplimiento de la hipótesis de investigación.

Tabla 26

Medias \pm desviación estándar del índice de absorción, solubilidad en agua y poder de hinchamiento por línea de camote bajo el efecto de 2 métodos de extracción

Línea genética	Vía de extracción	IAA	ISA	PH
Línea 16	Seca	2,34 \pm 0,00	0,061 \pm 0,0014	2,49 \pm 0,01 a
Línea 11	Seca	2,21 \pm 0,02	0,045 \pm 0,0014	2,31 \pm 0,02 b
Línea 11	Húmeda	3,47 \pm 0,02	0,113 \pm 0,0018	3,91 \pm 0,04 c
Línea 17	Seca	2,74 \pm 0,00	0,100 \pm 0,0068	3,04 \pm 0,02 d
Línea 19	Seca	2,57 \pm 0,04	0,097 \pm 0,0012	2,85 \pm 0,04 e
Línea 19	Húmeda	2,92 \pm 0,04	0,091 \pm 0,0016	3,21 \pm 0,05 f
Línea 18	Húmeda	1,75 \pm 0,01	0,006 \pm 0,0005	1,76 \pm 0,01 gh
Línea 18	Seca	1,75 \pm 0,02	0,003 \pm 0,0010	1,76 \pm 0,02 gh
Línea 15	Seca	1,71 \pm 0,02	0,007 \pm 0,0010	1,72 \pm 0,02 g
Línea 15	Húmeda	1,80 \pm 0,02	0,002 \pm 0,0001	1,80 \pm 0,02 h
Línea 16	Húmeda	1,76 \pm 0,00	0,002 \pm 0,0008	1,76 \pm 0,01 h
Línea 17	Húmeda	1,77 \pm 0,02	0,000 \pm 0,0007	1,77 \pm 0,02 h

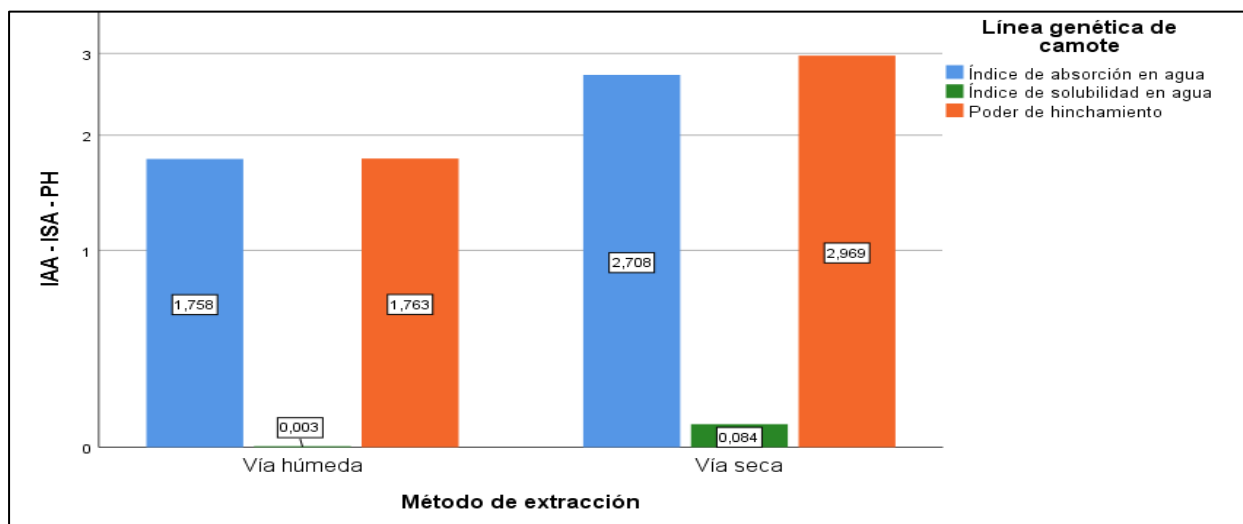
Nota: Se muestra medias y desviación estándar $n=3$. Conjunto de medias seguidas de la misma letra no presentan diferencias significativas al $p > 0.05$ por test de Hotelling (Bonferroni).

Teniendo en cuenta que las tres propiedades funcionales están estrechamente relacionadas entre sí, y que además fueron susceptibles al efecto de la interacción de los factores, se aplicó la prueba post hoc de Hotelling (Bonferroni) con un alfa de 0.05, a fin de estimar la diferencia de medias entre los tratamientos, mediante la comparación simultánea de las medias de las variables dependientes (IAA, ISA, PH), encontrando diferencias significativas entre los tratamientos y las variables de respuesta, donde destaco el almidón procedente de la línea 16 por vía seca, al presentar un vector de medias superior y más homogéneo en relación a los demás tratamientos.

En la figura 17 se observa que el almidón extraído por vía húmeda presentó el valor más bajo de solubilidad, y valores de absorción e hinchamiento de 1,76%.

Figura 17

IAA, ISA, PH por método de extracción



Nota: La figura representa el promedio de los valores obtenidos para las variables: IAA, ISA Y PH, por método de extracción.

Murillo-Martínez et al., (2021, p. 123), en su estudio de caracterización de dos variedades de camote obtuvo un IAA de 1,91; un ISA de 2,91 y un PH de 1,93 para el camote morado, y un IAA de 1,72; un ISA de 0,92 y un PH de 1,73, mostrando cierta correspondencia con los valores del presente estudio, a excepción de índice que solubilidad en agua, que es relativamente bajo en comparación al obtenido por Murillo.

Contreras (2021, p. 32), también caracterizó las propiedades funcionales de tres variedades de camote morado, identificando un índice de absorción en agua entre: 4,16 a 10,36; un índice de solubilidad en agua entre: 0,40 a 2,10 y un poder de hinchamiento entre: 4,63 a 10,59. Así mismo, en un estudio sobre dos variedades de camote (Arrecho y Morado) Narváez (2013, p. 45), reportó que el índice de absorción en agua se encontraba en un intervalo de: 1,98 a 2,01, el índice de solubilidad en agua entre: 0,13 a 0,58 y el poder de hinchamiento de: 1,99 a 2,01.

Capítulo V

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

- Se determinó el rendimiento del almidón de camote bajo la influencia de seis líneas genéticas y dos métodos de extracción, encontrándose que el rendimiento solo depende del método de obtención, siendo más eficiente la extracción por vía seca en comparación con la extracción por vía húmeda, puesto que presentaron rendimientos medios de 26,03 y 5,75 %, respectivamente.
- Se evaluaron las propiedades físico-químicas del almidón obtenido a partir de seis líneas genéticas de camote, la mayoría de propiedades tuvo un mejor desempeño para el almidón extraído por vía húmeda; aplicando esta técnica se determinó que existe un importante contenido de almidón total (76,60 a 95,07%), y amilosa (33,15%). El porcentaje de ceniza (0,11 a 0,87%), y el contenido de fibra cruda (0,50 a 0,88%), fueron inferiores a los reportados por vía seca, el porcentaje de estabilidad en refrigeración fue mejor para la vía húmeda, teniendo un (98,37%). En cambio la digestibilidad del almidón por vía seca, fue mejor en relación a la vía húmeda, presentando valores de, RDS (5,89%), SDS (17,17%) y RS (10,89%).
- Se determinó las propiedades funcionales del almidón obtenido de las seis líneas genéticas de camote mediante dos vías de extracción, donde se pudo observar que los mejores resultados se obtuvo del almidón extraído por vía húmeda, teniendo un, ISA (0,03%), IAA (1,75%), y PH (1,76%).

Recomendaciones

- Se recomienda realizar la extracción de almidón por vía húmeda con diferentes tiempos y velocidades de triturado, a fin de establecer las condiciones óptimas para obtener un buen rendimiento de almidón, y a la vez mantener las mejores propiedades fisicoquímicas y funcionales del almidón de las seis líneas genéticas de camote.
- Se recomienda realizar una clasificación de las seis líneas de camote, de acuerdo al uso potencial que se le podría dar a su almidón, basándose en las propiedades físico-químicas y funcionales determinadas en este estudio.
- Se recomienda realizar una caracterización más amplia del almidón las seis líneas genéticas de camote, incluyendo variables de interés para diferentes aplicaciones industriales, como pueden ser el pH, temperatura de gelatinización, humedad, viscosidad aparente, azúcares totales, azúcares reductores, proteínas, grasas, entre otras.
- Se recomienda realizar un análisis de viscosidad a través de un RBA, esto permitirá determinar los niveles de temperatura y fuerza en diferentes condiciones y permitirá ver la aplicabilidad dentro de la industria.

Bibliografía

- Ahn, J. H., Baek, H. R., Kim, K. M., Han, G. J., Choi, J. B., Kim, Y., & Moon, T. W. (2013). Slowly digestible sweetpotato flour: Preparation by heat-moisture treatment and characterization of physicochemical properties. *Food Science and Biotechnology*, 22(2), 383–391.
<https://doi.org/10.1007/s10068-013-0091-z>
- Anderson, R., Conway, H., Pheiser, V., & Griffin, E. (1969). Gelatinisation of corn grits by roll and extrusion cooking. *Cereal Science Today*, 14, 4-12.
- Arrieta Banquet, L., & Jiménez Villalba, K. M. (2017). *Caracterización de cuatro variedades de batata (Ipomoea batatas Lam.), cultivadas en la costa caribe colombiana para su aplicación agroindustrial* [Trabajo de titulación (Grado), Universidad de Sucre].
<http://repositorio.unisucre.edu.co/handle/001/647>
- AOAC. (1997). *Official Methods of Analysis* (17 ed.). Washington.
- Basurto, F., Martínez, D., Rodríguez, T., Evangelista, V., Mendoza, M., Castro, D., . . . y Vaylón, V. (2015). Conocimiento actual del cultivo de camote (Ipomoea batatas (L.) Lam.) en México. *Agroproductividad*, 8(1):30-34.
- Blanco-Metzler, A., Tovar, J., & Fernández-Piedra, M. (2004). Caracterización nutricional de los carbohidratos y composición centesimal de raíces y tubérculos tropicales cocidos, cultivados en Costa Rica. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 54(3), 322–327.
http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0004-06222004000300011&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Briones Muñoz, J., & Riera, M. (2020). Residuos de la cáscara de yuca y cera de abeja como potenciales materiales de partida para la producción de bioplásticos. *Avances en Química*, 15(1), 3–11.
<https://www.researchgate.net/profile/Maria-Riera->

3/publication/342107218_Residuos_de_la_cascara_de_yuca_y_cera_de_abeja_como_potenciales_materiales_de_partida_para_la_produccion_de_bioplasticos/links/5ee25bf7458515814a54ba17/Residuos-de-la-cascara-de-yuca-y-cera-de-abeja-como-potenciales-materiales-de-partida-para-la-produccion-de-bioplasticos.pdf

Chimbo Encalada, M. V. (2021). *Producción de plástico biodegradable para el uso en alimentos a partir del almidón de residuos de yuca (Manihot esculenta)* [Trabajo de titulación (Grado), Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/14783>

Chuiza-Rojas, M. R., Rodríguez-Basantes, A. I., & Brito-Moína, H. L. (2020). Producción de láminas de plástico biodegradables a partir del almidón de arracacia xanthorrhiza. *Dominio de las Ciencias*, 6(2), 981–994. <https://www.dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/1261>

Cobana, M., & Antezana, R. (2007). PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN DE YUCA POR VÍA SECA. *Revista Boliviana de Química*, 24(1), 78–84.

http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0250-54602007000100014&lng=pt&nrm=iso&tlng=es

Cobeña, G., Cañarte, E., Mendoza, A., Cárdenas, F. M., & Guzmán, Á. (2017). *Manual Técnico del Cultivo de Camote*. (Vol. 106). Portoviejo: hums. <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/4789>

Contreras Chávez, R. (2021). *Desarrollo de una película a partir de almidón acetilado de camote morado como potencial alternativa en el desarrollo de biopelículas para recubrimiento de alimentos* [Trabajo de titulación (Maestría), Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo]. http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/handle/DGB_UMICH/6401

Cordón C., A. D. (2019). *Desarrollo de una bebida láctea fermentada con adición de almidón de camote (Ipomoea batatas) modificado físicamente* [Trabajo de titulación (Grado), Universidad Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana]. <http://hdl.handle.net/11036/6512>

- Cuadrado Peñafiel, E. A. (2019). *Diseño de un proceso industrial para la obtención de almidón a partir de Camote (Ipomoea batatas L.) para su uso alimenticio*. [Trabajo de titulación (Grado), Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/10790>
- Cuesta. (2007). Los Cronistas oficiales de Indias. De López de Velasco a Céspedes del Castillo. . *Revista Complutense de Historia de América*, 3(2), 56-78.
- Cusumano, C., & Zamudio, N. (2013). *Manual Técnico para el cultivo de batata (camote o boniato)*. Tucumán, Argentina: INTA.
- De la Rosa Millán, J. (2009). *Análisis Físicoquímico, estructural y molecular de almidones de diferentes variedades de maíz azul*. [Tesis de maestría. Instituto Politécnico Nacional]. Repositorio institucional. https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/7681/2293_tesis_Noviembre_2010_307866972.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Dincer, C., Karaoglan, M., Erden, F., Tetik, N., Topuz, A., & Ozdemir, F. (2011). Effects of baking and boiling on the nutritional and antioxidant properties of sweet potato (Ipomoea batatas L.) Cultivars. *Plant Foods for Human Nutrition.*, 66(4), 341-347. doi:10.1007/s11130-011-0262-0
- El Sheikha, A. F., & Ray, C. (2015). Potential impacts of bioprocessing of sweet potato: Review. *Crit.Rev.Food Sci.Nutr*, 57(3), 455-471.
- Eliasson, A., & Kim, H. (1992). Changes in rheological properties of hydroxypropyl potato starch pastes during freeze-thaw treatments. *J. Texture Studies.*, 23(3), 279-296.
- Esquivel, M., & Velazquez, L. (2014). *Evaluación de la elaboración de harina de camote morado (Ipomoea batatas L) producido bajo diferentes niveles de Fertilización orgánica en el municipio de Othon P. Blanco*. [Tesis de ingeniería, Instituto Tecnológico de la Zona Maya]. Repositorio institucional.http://www.itzonamaya.edu.mx/web_biblio/archivos/res_prof/agro/agro-2014-9.pdf

- Grace, M., Truong, A., Van-Den, Raskin, I., & Lila, M. (2015). Novel value-added uses for sweet potato juice and flour in polyphenol- and protein-enriched functional food ingredients. *Food Sci. Nutr*, 3(5), 415-424.
- Granados C, C., Guzmán C., L. E., Acevedo C., D., Díaz M, M., & Herrera A, A. (2014). PROPIEDADES FUNCIONALES DEL ALMIDON DE SAGU (*Maranta arundinacea*). *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 12(2), 90–96.
<http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v12n2/v12n2a10.pdf>
- Gremaqui, I. de los A., Calliope, S. R., Domínguez, N. E., & Sammán, N. (2015). CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y FUNCIONAL DE ALMIDONES DE DIFERENTES VARIEDADES DE PAPAS ANDINAS. *AGRARIA*, 9(16), 68–75. <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v12n2/v12n2a10.pdf>
- Guadrón. (2013). *Diseño y desarrollo del proceso para la extracción de almidón a partir de guineo mojoncho verde (Musa sp. Variedad Cuadrado), para su uso en la industria de alimentos [Tesis ingeniería, Universidad de el Salvador]*. Repositorio institucional.
<https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/4927/>
- Guan, J., & Hanna, M. (2004). Extruding Foams from Corn Starch Acetate and Native Corn Starch. *Biomacromolecules*, 5, 2329-2339.
- Guízar, M., Ruíz, I., & Montañéz, J. (2008). Parcial Caracterización de nuevos almidones obtenidos del tuberculo de camore del cerro (*Dioscorea spp*). *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 9(1), 81-88.
- Hazarica, B., & Sit, N. (2016). Effect of dual modification with hydroxypropylation and cross-linking on physicochemical properties of taro starch. *Carbohydrate Polymers*, 140, 269-278.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.12.055>

- Hernández, L., Paredes, D., Tapia, C., Garcés, G., & Monteros, A. (2019). Morphotype diversity of Ipomoea batatas (Convolvulaceae) sweet potatoes, and determination of optimum areas for its conservation in Ecuador. *Revista Cubana de Ciencias Biológicas*, 7(1), 13.
- INAMHI. (2018). *Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología*. Retrieved Octubre 01, 2021, from <https://www.inamhi.gob.ec/>
- Jiménez, K., Arrieta, L., Salcedo, J., & Contreras, K. (2019). Caracterización de harinas y almidones de batatas (Ipomoea batatas Lam.) de la costa caribe colombiana. *rev.udcaactual.divulg.cient.*, 2(1), 1185. doi:<https://doi.org/10.31910/rudca.v22.n1.2019.1185>.
- León, B., Martínez, M., López, M., Rodríguez, L., Ardón, C., Rodríguez, I., . . . Vasquez, M. (2013). *Manual de cultivo de camote para exportación*. Retrieved from Comisión interinstitucional de Agronegocios en Honduras: http://www.agronegocioshonduras.org/wp-content/uploads/2014/06/manual_de_cultivo_de_camote_para_exportacion.pdf
- Manzanillas Rojas, L. A. (2018). *Evaluación de las propiedades fisicoquímicas y funcionales de féculas de tres variedades de camote (Ipomea batata) para aplicaciones alimentarias* [Trabajo de titulación (Grado), Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/28375>
- Marti, H., Chludil, H., & Corbino, G. (2011). La batata: el redescubrimiento de un cultivo. *Ciencia Hoy*, 21(8), 17-23.
- Mazzeo M., M., Alzate G., A., & Marín M., M. (2018). OBTENCIÓN DE ALMIDÓN A PARTIR DE RESIDUOS POSCOSECHA DEL PLÁTANO DOMINICO HARTÓN (MUSA AAB SIMMONDS). *Vector*, 3, 57-69. http://vip.ucaldas.edu.co/vector/downloads/Vector3_6.pdf
- Mercedes Lecca, J. G. (2017). Propiedades fisicoquímicas y térmicas de Almidón extraído de papa nativa (Solanum tuberosum L.) variedades “águila” y “shuita”, cultivadas en el distrito de Chugay, Provincia

- de Sánchez Carrión, Departamento de La Libertad. *Universidad Nacional de Trujillo*.
<http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/9775>
- Morrison, W., & Laignelet, B. (1983). An improved colorimetric procedure for determining apparent and total amylose in cereal and other starches. *Journal of Cereal Science*, 1, 19-35.
- MURILLO-MARTÍNEZ, ALVIS-BERMÚDEZ, & ARRAZOLA-PATERNINA. (2021). Propiedades fisicoquímicas y funcionales del almidón obtenido de dos variedades de batata (*Ipomoea batatas*). *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 19(1), 117–127. [https://doi.org/10.18684/bsaa\(19\)117-127](https://doi.org/10.18684/bsaa(19)117-127)
- Narváez Garzón, E. J. (2013). *Estudio de la consistencia y la estabilidad en refrigeración del almidón gelatinizado de camote (Ipomoea batatas L.), utilizado como espesante en mezcla con otros ingredientes* [Trabajo de titulación (Grado), Escuela Politécnica Nacional].
<http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/6552>
- Narvaéz, R. (2020). *Obtención de Almidón de dos Variedades de Malanga: Colocasia esculenta L. y xanthosoma sagittifolium L, Mediante la Aplicación de tres Métodos Químicos* [Tesis de Ingeniería, Universidad de las Fuerzas Armadas Espe]. Repositorio institucional.
<http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/22323/1/T-ESPESD-003098.pdf>.
- Parra Pérez, J. B. (2019). *Obtención de biofilm a partir del almidón de Zanahoria Blanca (Arracacia xanthorrhiza) y de Camote (Ipomoea batatas) como alternativa al uso de material plástico derivado de petróleo*. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/13808>
- Pozo Villota, L. V. (2019). *Extracción y caracterización del almidón de plátano verde (Musa paradisiaca) producido en el sector Untal, parroquia El Chical, y su potencial uso como aditivo en la elaboración de pan blanco* [Tesis, Universidad Politécnica Estatal del Carchi].
<http://www.repositorio.upec.edu.ec/handle/123456789/869>

- Puraca, E., & Durand, F. (2020). *Determinación del método de extracción de almidón del taro (Colocasia Esculenta), para la elaboración de bioplástico [Tesis ingeniería, Universidad Peruana Unión]*. Repositorio Institucional.
- https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/3190/Emely_Trabajo_Bachiller_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Sacón, E., Bernal, I., Dueñas, A., Cobeña, G., & Lopéz, N. (2016). Reología de mezclas de harinas de camote y trigo para elaborar pan. *Tecnología Química*, 35(3), 457-467.
- Soto Azurduy, V. S. (2010). CUANTIFICACION DE ALMIDON TOTAL Y DE ALMIDON RESISTENTE EN HARINA DE PLATANO VERDE (MUSA CAVENDISHII) Y BANANA VERDE (MUSA PARADISIACA). *Revista Boliviana de Química*, 27(2), 94–93.
- http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0250-54602010000200004&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Srichuwong, S., & Jane, J. (2007). Physicochemical properties of starch affected by molecular composition and structures. *Food Science and Biotechnology*, 16, 234-332.
- Tjahjadi, C., & Breene, W. (1984). Isolation and characterization of adzuki (*Vigna angularis* cv. takara) starch. *Journal of Food Science*, 49(3), 558-562.
- Tovar, J., Bjoerck, I. M., & Asp, N. G. (1990). Starch content and .alpha.-amylolysis rate in precooked legume flours. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 38(9), 1818–1823.
- <https://doi.org/10.1021/jf00099a007>
- Truc, P., Quan, D., An, T., Tri, H., Trang, V., & Luong Hong, N. (2020). Effect of retrogradation on the formation of slowly digestible sweet potato starch. *Vietnam Journal of Chemistry*, 58(6), 305–310.
- https://www.researchgate.net/publication/350789637_Effect_of_retrogradation_on_the_formation_of_slowly_digestible_sweet_potato_starch

- Valdés-Restrepo, M. P., Ortiz-Grisales, S., Valdés-Restrepo, M. P., & Ortiz-Grisales, S. (2021). Calidad de forraje y almidón en 10 clones de batata *Ipomoea batatas* (L.) Lam. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 24(2). <https://doi.org/10.31910/rudca.v24.n2.2021.1580>
- Vidal, A., Zaucedo, A., & Ramos, M. (2018). Propiedades nutrimentales del camote y sus beneficios en la salud humana,. *Revista Iberoamericana de Tecnología y Poscosecha*, 19(2), 12-34.
- Yadav, B. S., Sharma, A., & Yadav, R. B. (2009). Studies on effect of multiple heating/cooling cycles on the resistant starch formation in cereals, legumes and tubers. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 60(sup4), 258–272. <https://doi.org/10.1080/09637480902970975>
- Zavaleta Sánchez, J. L. (2019). *Caracterización reológica de almidón de Arracacha (Arracacia xanthorrhiza), Camote (Ipomoea batatas) y Oca (Oxalis tuberosa)* [Trabajo de titulación (Grado), Universidad de Trujillo]. <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/13321>

<https://drive.google.com/drive/folders/178i5zDWazuQi8PwDk3v-TebsMakWM8gK>