



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



CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

**“Caracterización Físicoquímica, Nutricional y Reológica De Cultivos Andinos
Infrautilizados”**

Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación, previo a la obtención del título de Ingeniero en Alimentos, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Este trabajo forma parte de los proyectos de investigación: “Desarrollo de un prototipo de mezcla farinácea libre de gluten para pastelería, utilizando cultivos andinos tradicionales infrautilizados”, aprobado por el H. Consejo Universitario con resolución 0193-CU-P-2018 y coordinado por Diego Salazar, M.Sc y “Desarrollo de productos alimenticios libres de trigo y gluten a partir de cultivos andinos infrautilizados y residuos agroindustriales” financiado por SENESCYT a través de la convocatoria INEDITA 2018 y coordinado por Mirari Arancibia, Ph.D.

Autor: Iván Armando Ocaña Palacios

Tutor: Ing. M.Sc. Diego Manolo Salazar Garcés

Ambato – Ecuador

Julio - 2019

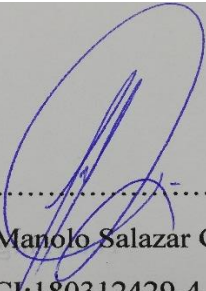
APROBACION DEL TUTOR

Ing. M.Sc. Diego Manolo Salazar Garcés

CERTIFICA:

Que el presente trabajo de titulación ha ido prolijamente revisado. Por lo tanto, autorizo la presentación de este Trabajo de Titulación modalidad Proyecto de Investigación, el mismo que responde a las normas establecidas en el Reglamento de Títulos y Grados de la Facultad

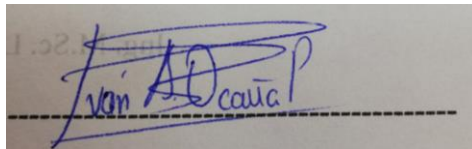
Ambato, 05 de junio de 2019



.....
Diego Manolo Salazar Garcés
CI:180312429-4
TUTOR

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Iván Armando Ocaña Palacios, manifiesto que los resultados obtenidos en el proyecto de investigación previo a la obtención del título de Ingeniería en Alimentos son absolutamente originales auténticos y personales a excepción de las citas bibliográficas

A photograph of a handwritten signature in blue ink on a document. The signature is written over a horizontal dashed line. The name "Iván Armando Ocaña Palacios" is clearly legible, though the ink is somewhat faded and the signature is stylized.

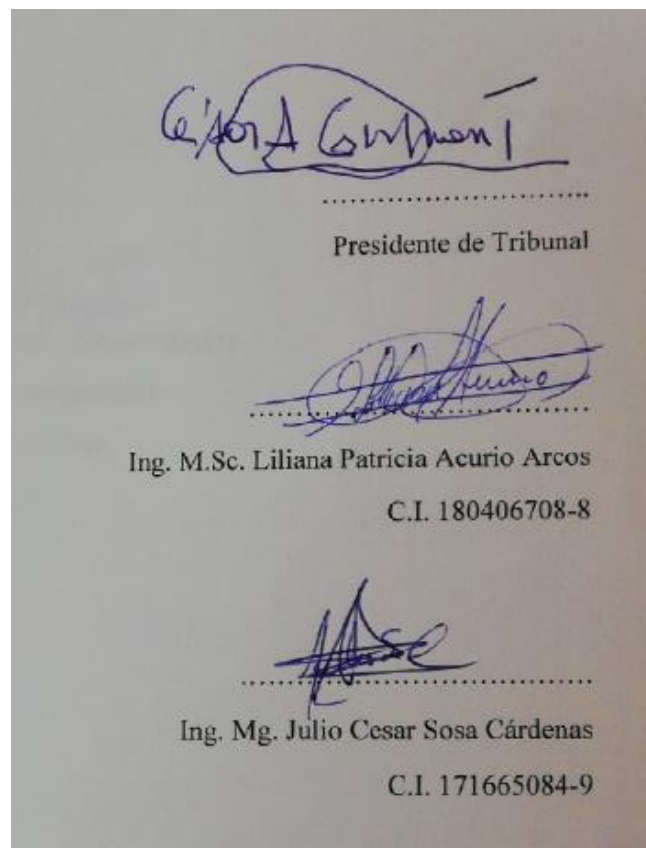
Iván Armando Ocaña Palacios

CI. 180464022-3

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos profesores calificadores aprueban el presente Trabajo de Titulación Modalidad de Investigación, el mismo que ha sido elaborado de conformidad con las disposiciones emitidas por la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato.

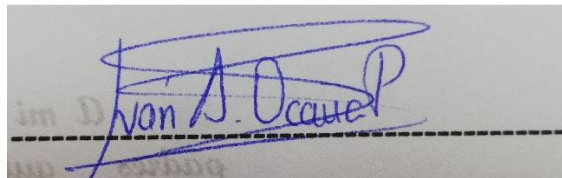


Ambato, 17 de junio del 2019

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que considere el presente proyecto de investigación o parte de él, como un documento libre para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la institución.

Cedo los derechos en líneas patrimoniales de mi trabajo de graduación, con fines de difusión pública, además apruebo su reproducción parcial o total dentro de las regulaciones de la Universidad Ecuatoriana, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y realice respetando mis derechos de autor.

A photograph of a handwritten signature in blue ink on a document. The signature is written over a horizontal dashed line. The name "Iván A. Ocaña P." is clearly legible. There are some additional scribbles and lines above and below the name.

Iván Armando Ocaña Palacios

CI. 180464022-3

AUTOR

DEDICATORIA

A mi familia, en especial a mis padres quiénes son los pilares fundamentales en mi vida, y que, con su apoyo, consejos y ejemplo de esfuerzo, trabajo y dedicación, me enseñaron su mejor legado: la educación.

A un amigo muy especial “Cris Sigcho”, a pesar de tu temprana partida me enseñaste el valor de la amistad y que para ella no existen fronteras.

Armando Ocaña

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Técnica de Ambato a través de la Dirección de Investigación y Desarrollo por el financiamiento al proyecto de Investigación, “Desarrollo de un prototipo de mezcla farinácea libre de gluten para pastelería, utilizando cultivos andinos tradicionales infrautilizados”, aprobado por el H. Consejo Universitario con resolución 0193-CU-P-2018.

A la Secretaria de Educación Superior Ciencia y Tecnología a través del Proyecto 20190015 CI -INEDITA- 2018, “Desarrollo de productos alimenticios libres de trigo y gluten a partir de cultivos andinos infrautilizados y residuos agroindustriales”.

Al grupo de investigación G+ Biofood and Engineering, en especial a mis maestros y amigos Ing. M.Sc Diego Salazar, Dra. Mirari Arancibia y a la Ing. M.Sc. Liliana Acurio, por la paciencia, constancia y guía tanto técnica como personal durante mi formación como profesional.

A mis Amigos Géne, Alexin, Pollito, Peque, Supe, Erick, Quika Vico, Kary, y Lucho con quienes compartimos tantos logros, aventuras y decepciones mientras nos convertíamos en profesionales. A Karen, Jorge y Diego con quienes formamos un equipo excepcional de trabajo y aventuras.

A un gran amigo “Alex Palacios” con sus consejos y empuje me ayudaron en los momentos difíciles.

A una persona muy especial que con su carisma y humildad se convirtió en motor y motivo que me impulso a cumplir mis sueños, E. S.

A la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y a su personal docente que imparten sus conocimientos día a día formando profesionales de éxito.

Al laboratorio Laconal que siempre estuvieron prestos a un consejo y asesoría técnica durante el desarrollo de este proyecto.

A todos quienes de una u otra manera estuvieron presentes para apoyarme.

Muchas Gracias a todos

Armando Ocaña

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|------------|
| TEMA: | I |
| APROBACION DEL TUTOR | II |
| DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD | III |
| APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO | IV |
| DERECHOS DE AUTOR..... | V |
| DEDICATORIA..... | VI |
| AGRADECIMIENTO..... | VII |
| ÍNDICE GENERAL..... | VIII |
| Índice de Ecuaciones | X |
| Índice de Tablas..... | X |
| Índice de figuras | X |
| RESUMEN | 1 |
| ABSTRACT | 2 |
| CAPÍTULO I | 3 |
| 1.1 JUSTIFICACIÓN | 3 |
| 1.2 OBJETIVOS | 4 |
| 1.2.1 Objetivo General | 4 |
| 1.2.2 Objetivos Específicos..... | 4 |
| 1.3 FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA | 4 |
| CAPÍTULO II..... | 11 |
| 2.1 Materiales..... | 11 |
| 2.2 Obtención de harina..... | 11 |
| 2.3 Caracterización fisicoquímica de las harinas | 12 |
| 2.3.1 Humedad | 12 |
| 2.3.2 Fibra | 12 |
| 2.3.3 pH..... | 12 |
| 2.3.4 Acidez titulable | 13 |
| 2.3.5 Lípidos | 13 |
| 2.3.6 Ceniza | 13 |
| 2.3.7 Proteína | 13 |

| | | |
|---------------|--|-----------|
| 2.3.8 | Granulometría | 14 |
| 2.3.9 | Densidad Aparente..... | 14 |
| 2.3.10 | Color | 14 |
| 2.4 | Propiedades funcionales..... | 14 |
| 2.4.1 | Capacidad de Retención de agua | 14 |
| 2.4.2 | Solubilidad y factor de hinchamiento | 15 |
| 2.4.3 | Almidón Total y Amilosa | 15 |
| 2.4.4 | Microscopia óptica | 15 |
| 2.4.5 | Calorimetría diferencial de barrido (DSC)..... | 16 |
| 2.5 | Caracterización fisicoquímica de suspensiones | 16 |
| 2.5.1 | Propiedades reológicas | 16 |
| 2.6 | Propiedades Bioactivas | 16 |
| 2.6.1 | Determinación de compuestos fenólicos | 16 |
| 2.6.2 | Determinación de la actividad antioxidante | 16 |
| | CAPÍTULO III | 18 |
| | CAPÍTULO IV | 33 |
| | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 35 |

Índice de Ecuaciones

| | |
|---|----|
| Ecuación 1.- Determinación de Humedad | 12 |
| Ecuación 2.- Determinación de acidez titulable | 13 |
| Ecuación 3.- Determinación de grasa | 13 |
| Ecuación 4.- Determinación de ceniza | 13 |
| Ecuación 5.- Determinación de proteína | 13 |
| Ecuación 6.- Determinación de Densidad aparente | 14 |
| Ecuación 7.- Luminosidad..... | 14 |
| Ecuación 8.- Tono..... | 14 |
| Ecuación 9.- Determinación de la capacidad de retención de agua (CRA)..... | 14 |
| Ecuación 10.- Determinación de Solubilidad | 15 |
| Ecuación 11.- Determinación del factor de hinchamiento (FH)..... | 15 |
| Ecuación 12.- Determinación de Amilosa | 15 |
| Ecuación 13.- Determinación de Almidón | 15 |

Índice de Tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1.- Análisis proximal de las muestras de cultivos andinos..... | 18 |
| Tabla 2. Acidez y pH de las muestras de harina de cultivos andinos..... | 21 |
| Tabla 3. Densidad Aparente de las muestras de harina | 22 |
| Tabla 4. Parámetros de color e índice de blancura de las muestras de cultivos andinos..... | 23 |
| Tabla 5.- Propiedades funcionales de las muestras de harina..... | 25 |
| Tabla 6.- Capacidad de retención de agua a diferentes temperaturas..... | 25 |

Índice de figuras

| | |
|--|----|
| Fig. 1.- Achira (<i>Canna edulis</i>) | 5 |
| Fig. 2.- Mashua (<i>tropaeolum tuberosum</i>) | 6 |
| Fig. 3.- OCA (<i>Oxalis tuberosas</i>)..... | 7 |
| Fig. 4.- Zanahoria blanca (<i>Arracacia xanthorrhiza</i>)..... | 7 |
| Fig. 5.- Papa china (<i>Colocasia esculenta</i>)..... | 8 |
| Fig. 6.- Camote (<i>Ipomoea Batatas</i>)..... | 9 |
| Fig. 7.- Chocho (<i>Lupinus mutabilis sweet</i>) | 10 |
| Fig. 8.- Harinas obtenidas de cultivos andinos..... | 12 |
| Fig. 9.- Modulo de finura las muestras de harina de tubérculos andinos. | 24 |
| Fig. 10.- Clasificación granulométrica de las harinas de cultivos andinos..... | 24 |
| Fig. 11. Porcentaje de Almidón y amilosa. | 27 |
| Fig. 12.- Microscopia óptica..... | 28 |
| Fig. 13.- Termogramas de las diferentes harina de cultivos andinos. | 29 |
| Fig. 14.- Caracterización Reológica | 31 |
| Fig. 15.-Compuestos fenólicos y capacidad antioxidante | 32 |

RESUMEN

El trabajo de investigación se desarrolló con el fin de aprovechar las propiedades nutricionales y funcionales de los cultivos andinos infrautilizados, y que han sido catalogados con poca importancia comercial y destinada solo al propósito medicinal. En este sentido, en el presente trabajo se caracterizaron las harinas de Oca, Camote, Papa China, Achira, Zanahoria Blanca, Mashua y Chocho con base en su composición proximal, propiedades funcionales, térmicas, estructurales, reológicas y bioactivas.

La composición proximal mostró elevados contenidos de proteína y lípidos en muestras de harina de Chocho (52,82%), cenizas en harina de Achira (8,06%), carbohidratos en harina de Zanahoria blanca (71,6%) y fibra en harina de Papa china (14,86%). Las propiedades funciones tales como capacidad de retención de agua, factor de hinchamiento, solubilidad y temperaturas de gelatinización son afectadas por la presencia de estructuras fibrilares presentes en la corteza. Además, las harinas de cultivos andinos por su elevado contenido de almidón y fibra muestran que las propiedades elásticas predominan sobre las propiedades viscosas, lo que desarrolla geles débiles cuando se encuentra en reposo siendo ideales para productos de repostería. Por otra parte, el alto contenido de amilopectina y fibra contribuyeron a que la temperatura de gelatinización se realice a mayores temperaturas, es así que, el camote morado se gelatinizó a 81,5 °C.

La muestra de mashua presentó elevado contenido de acidez (1,03 % de ácido tartárico) y valores bajos de pH (5,88), siendo este último similar a lo obtenido en la harina de camote morado (5,85). Los resultados de densidad aparente mostraron que la oca (0,71 g/cm³) y chocho (0,47 g/cm³) fueron elevados. El ensayo de módulo de finura clasificó a todos los cultivos andinos como harinas medinas. Las propiedades bioactivas indicaron un elevado contenido fenólico (60,8 µg Ácido Gálico/g de muestra) en muestras de Mashua, mientras que el chocho presentó mayor capacidad antioxidante.

Palabras claves: Cultivos Andinos, Tubérculos Andinos, Propiedades Físicoquímicas, Composición Química de Alimentos, Propiedades Bioactivas de Alimentos

ABSTRACT

The research work was developed in order to take advantage of the nutritional and functional properties of the underused Andean crops, which have had lowest commercial importance and intended only for medicinal purposes. In this sense, in this work were characterized the meal of Oca, Camote, Papa China, Achira, Zanahoria Blanca, Mashua and Chocho based on its proximal composition, f

unctional, thermal, structural, rheological and bioactive properties.

The proximal composition showed elevated content of protein and lipids in samples of Chocho (52.82%), ash in Achira flour (8.06%), carbohydrates in Zanahoria Blanca flour (71.6%) and fiber in Papa China flour (14.86%). The properties functions such as water retention capacity, swelling factor, solubility and gelatinization temperatures are affected by the presence of fibrillary structures present in the crust. In addition, the Andean crop flours due to their high starch and fiber content show that the elastic properties predominate over the viscous properties, which develops weak gels when it is resting being ideal for products of Pastry. On the other hand, the high content of amylopectin and fiber contributed to the temperature of gelatinization to be carried out at higher temperatures, thus, the Camote Morado was gelatinized at 81.5 ° C.

The sample of Mashua presented high acidity content (1.03% tartaric acid) and low pH values (5.88), the latter being similar to what was obtained in Camote Morado flour (5.85). The apparent density results showed that the Oca (0.71 g/cm³) and Chocho (0.47 g/cm³) were elevated. The fineness module assay classified all Andean crops as Medium flours. The bioactive properties indicated a high phenolic content (60.8 µg gallic acid/ g sample) in samples of Mashua, while the fat showed greater antioxidant capacity.

Keywords: Andean Crops, Andean Tubers, Physicochemical Properties, Chemical Food Composition, Bioactive Properties of Food

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 JUSTIFICACIÓN

En la actualidad el interés mundial por alimentos nuevos cuyos ingredientes provengan de fuentes que se perciben como menos consumibles se ha incrementado, alimentos reducidos en grasa, reducidos en azúcares, ricos en fibra se han convertido en parte de la dieta diaria de la población (Ziobro et. al, 2012). Así mismo, los consumidores buscan en el mercado productos que contribuyan a su salud y su bienestar, aceptando que la alimentación es una manera preferentemente controlable para tener una vida más saludable (Alvídrez, González, & Jiménez, 2002). En este sentido, muchos cultivos, tubérculos, cereales, pseudocereales tradicionales (RTA) de los países en desarrollo podrían satisfacer las necesidades nutricionales de los consumidores y de los mercados de los países desarrollados (Hermann, 2009) .

En la zona sierra centro ecuatoriana, las condiciones climáticas y en especial la lluvia y suelo la han convertido en fuente importante de producción de múltiples cultivos alimenticios (Bonete et al., 2016). En este sentido, el cultivo de la papa ha presentado un notable desarrollo tanto tecnológico como económico por lo que el agricultor a dejando de lado cultivos como la oca, camote, papa china, achira, zanahoria blanca, mashua y chocho que por sus altos valores nutricionales podrían jugar un rol importante en la dieta del consumidor. Los atributos de estos cultivos incluyen un valor nutricional particular, contenidos elevados de minerales como Cobre, Manganeso, Hierro, Zinc, Magnesio, Calcio, Fósforo, Sodio, Potasio; Vitaminas o nutrientes funcionales como Ácido ascórbico (C), α -Tocoferol (E), Tiamina (B1), Riboflavina (B2), Niacina (B3), y ausencia de alérgenos conocidos como el gluten, entre otros (Hermann, 2009; Nascimento et al., 2014; Vega-Gálvez et al., 2010). Además, la falta de información nutricional y características funcionales de diferentes cultivos andinos ha provocado que las personas con requerimientos especiales en su dieta alimenticia como es el caso de los celíacos y personas que buscan productos más saludables, desaprovechen los beneficios que estos cultivos podrían proporcionar. Por otro lado, la globalización de los mercados ha generado competencia en el mercado de alimentos y ha obligado a las empresas a diferenciarse y añadir valor a sus productos a través de nuevos ingredientes o materias primas no convencionales (Sciarini, Ribotta, León, & Pérez, 2012). En este sentido, la utilización de harinas y almidones que se podrían obtener de cultivos andinos se está aplicando en el desarrollo de productos innovadores con el fin de incentivar e incrementar la demanda de materias primas diferentes a las comúnmente utilizadas (Pérez & Pacheco, 2005). En este sentido, los tubérculos que han sido catalogados con poca importancia comercial y han sido destinados solo al propósito medicinal o como alimento para rumiantes podrían proporcionar un potencial alimenticio interesante, debido a que son fuentes de sustancias

químicas que pueden contrarrestar algunas enfermedades como leucemia, anemia, hipertensión, diabetes, hemorragias, hepatitis, reumatismo, actividad antitumoral y antibacterial, además de evitar el desarrollo de enfermedades coronarias (Avirutnant & Pongpan, 1983; Barrera, 2004; Jung et al., 2013; Linares et al., 2008). El trabajo de investigación está orientado a caracterizar los componentes fisicoquímicos, nutricionales y propiedades reológicas de cultivos andinos infrautilizados con el propósito de proporcionar nuevas materias primas ricas en nutrientes.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

Caracterización fisicoquímica, nutricional y reológica de cultivos andinos infrautilizados.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Identificar las propiedades fisicoquímicas de raíces y tubérculos andinos (Camote, Achira, Mashua, Oca, Papa China, Zanahoria Blanca, Chocho) cultivadas en la sierra ecuatoriana.
- Establecer las propiedades termodinámicas en muestras seca - pulverizada de cultivos andinos.
- Determinar las propiedades bioactivas de los diferentes cultivos andinos
- Establecer las propiedades tecno-funcionales para futuras aplicaciones tecnológicas.

1.3 FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

Los cultivos andinos son fuentes importantes de almidón (leguminosas 30-50% y tubérculos 65-85% de su peso seco), vitaminas (vitamina C, provitamina A), minerales (hierro, potasio, fósforo, magnesio, sodio, cobre, manganeso, zinc) y sustancias químicas como flavonoides, fenoles, estanoles, prebióticos, probióticos y fitohormonas (Jiménez & Sammán, 2014). El uso comercial de los almidones se ha visto limitado para pocos cultivos andinos como la yuca y camote que han tenido amplios avances en países como India, Brasil, Tailandia, Indonesia, Filipinas y China en donde se ha estudiado los almidones y harinas de forma aislada, pero han sido pocos los estudios aplicados a los alimentos (Vargas & Hernández, 2013). Basado en diferentes estudios el almidón nativo de distintos tubérculos alimenticios pueden ser sustitutos de los almidones químicamente modificados que han sido sintetizados mediante reacciones vía éter, formación de ésteres, oxidación y la formación de grupos hidroxilos del polímero del almidón (Subramoney, 2018; Miladinov, 2000). Los almidones nativos proveen de estructura, textura y consistencia a los productos que se les incorporan desde productos alimenticios hasta en la

manufactura de papel, adhesivos y empaques biodegradables (Zhao & Wistler, 1994; Yungan, 2015).

Propiedades Fisicoquímicas y funcionales de los Tubérculos andinos

Achira (*Canna edulis*)



Fig. 1 Achira (*Canna edulis*)

Planta que es aprovechada casi en su totalidad. Las hojas son muy utilizadas en la preparación tradicional de alimentos como arepas, quimbolitos, tamales y su tallo es aprovechado como abono verde (Tiuquina, 2017). Los rizomas son fuentes importantes de energía, debido a su alto contenido de almidones completos vitaminas (A, C y niacina) y minerales (Calcio, Fósforo, Magnesio, Zinc, Sodio, Potasio, Cobre, Hierro) (Ayala, 2004; Espín, 2001). A diferencia del almidón provenientes de cereales, según Yépez (2012) descrito en Naula (2016) menciona que el almidón de achira otorga mejores propiedades fisicoquímicas, propiedades tecnológicas como como mayor volumen, textura, espesan, gelifican, ligan y estabilizan los sistemas alimenticios, además presenta un alto porcentaje de amilosa, lo que podría otorgar mayor resistencia en procesos industriales (Corrales & Erazo, 2011),

Mashua (*tropaeolum tuberosum*)



Fig. 2 Mashua (*tropaeolum tuberosum*)

Según Castillo (1990), menciona que la mashua presenta en su mayoría colores amarillos claros, con ojos anaranjados o negruzcos de forma cónica, a diferencia de las variedades que se producen en Colombia, que se presentan de coloración blanquecina, pigmentaciones lila o violáceas, delgada con extremo distal y provistos de raicillas filamentosas. La mashua es un tubérculo con alto contenido de carotenos (vitamina A), que ayuda a fortalecer el sistema inmunológico (Barrera, 2004; Bonete et al., 2016). En relación a la composición nutricional, en comparación con la achira, miso y jícama presenta un contenido importante de fibra (0,9 g/100 g) y proteína (1,5 g/100 g) (Collazos, 1975). Así mismo, la mashua no es muy apetecida para su consumo debido a su sabor picante en estado crudo debido a la presencia de isotiocianatos mismos que presentan propiedades bactericidas, antitumorales, anticancerígenas, nematocidas y fungicidas que disminuyen o se pierden durante los procesos de cocción (Chirinos & Torres, 2017; Gonzales et al., 2009; Hasegawa et al., 1993; Pintão et al., 1995; Yungan, 2015).

OCA (*Oxalis tuberosas*)



Fig. 3 OCA (*Oxalis tuberosas*)

Considerada el segundo tubérculo andino más importante en vista de su sabor dulce y colores brillantes. Según Espín (2001) este tubérculo en estado fresco es una fuente importante de carbohidratos (almidón 42,17%), azúcares totales (9,68%) vitaminas (A, B1, B2, Niacina y C) y minerales (Calcio, Fósforo Hierro). Presenta diferentes formas que se puede clasificar en: claviforme, ovoide y cilíndrica, estos dos últimos presentan una curvatura en el extremo del estolón (Surco, 2004)), mientras que las diferencias marcadas por color pueden encontrarse en tres formas; alba, flava y roseo - violácea.

Zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*)



Fig. 4 Zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*)

Según Aguilar (1991) y Regalado et al. (1988), es una fuente importante de vitaminas (A, C) y minerales (Potasio, Fósforo, Calcio, Magnesio, Hierro, Zinc, Magnesio), contiene 10-25 % de almidón de gránulos pequeños parecidos a los de la yuca, fácil de digerir, de sabor agradable y aroma propio de las umbelíferas debido a la presencia de un aceite espeso y amarillento mismo que puede atribuirse por al xilema (tejidos conductores de agua y otras sustancias alimenticias de la planta), el cual es utilizado con fines industriales para la preparación de sopas y purés. En la época de la prehistoria este tubérculo jugó un rol importante en la nutrición humana debido al elevado contenido de carbohidratos en relación a los demás nutrientes (almidón y azúcar totales) y considerables niveles de minerales Como Calcio, Fósforo, Hierro (Baldeón, De la Cruz, & Baldeón, 2008). Según Hurtado (1997) y Quispe (2015) mencionan la existencia de tres variedades: morada, amarilla y blanca, estas dos últimas presentan una alta actividad enzimática, motivo por el cual en mercados donde se expende el producto fresco solo se conserva por 4 a 6 días.

Papa china (*Colocasia esculenta*).



Fig. 5 Papa china (*Colocasia esculenta*).

Tubérculo de forma ovoide-redonda con pulpa blanca almidonosa y cáscara color marrón oscura (Estrada et al., 2009; Onwueme, 1999). El tiempo de vida útil de este producto está limitado debido a su alto contenido de humedad (Agbor-Egbe & Rickard, 1991). Sin embargo, en los últimos años ha ganado importancia debido a su alto contenido de almidón (70 – 80 g/ 100g) mismo que es altamente digerible, posee fibra (0,6 – 0,80 g/ 100g), proteínas (2-6 g/ 100g), vitaminas (C, tiamina, riboflavina y niacina), minerales (Fósforo, Calcio, Magnesio) y mucílagos (Jane, 1993; Karam, et al, 2006). Estudios realizados por Eleazu (2016); Eleazu et al. (2016) en ratas diabéticas alimentadas con papa china y plátano verde mostraron niveles de glucosa similares en comparación a las ratas no diabéticas, por otra parte, se observó un aumento de los niveles de colesterol HDL y una reducción significativa de colesterol total sérico, triacilglicerol y colesterol LDL, por lo que mencionan que la papa china y el plátano verde presentan una mejor acción

antihiper glucémica y antihiperlipidémica. Además Karam et al. (2006) Kumawat et al. (2010) y Rodríguez et al. (2011) mencionan que la papa china juega un papel importante en la reducción de la alta presión arterial, hipercolesterolemia, siendo muy recomendado para pacientes con diabetes, debido a que presenta un elevado contenido de compuestos polifenólicos (111,34 mg eq ácido gálico/g de muestra).

Camote (*Ipomoea Batatas*)



Fig. 6 Camote (*Ipomoea Batatas*)

Este tubérculo es rico en energía debido a su alto contenido de carbohidratos (25 – 30%) de los cuales el 98% son fácilmente digeribles, además es una buena fuente de flavonoides, polifenoles, proteínas, minerales (proporcionan el 15 % de K y el 10% de Fe de la dieta recomendada, Calcio, Magnesio y Manganeso), fibra y contenido de vitaminas (betacaroteno, Vitamina B2, C y E) (Ishida et al., 2000; Mohanraj & Sivasankar, 2014). Diferentes partes de la planta han jugado un rol importante en la medicina tradicional, en especial el tubérculo del camote que ha sido utilizado para tratamientos de diabetes tipo 2, anemia, hipertensión, prostatitis (Abel & Busia, 2005; Emmanuel, 2010; Pochapski et al., 2011; Sollid & Jabri, 2013), incluso para quienes sufren de cáncer de estómago la dieta basada en este tubérculo puede ser beneficiosa debido a la presencia de Fitonutrientes que ayudan a reducir la presencia de radicales libres de oxígeno, debido a que los antioxidantes exógenos actúan como moléculas suicidas, ya que se oxidan al neutralizar el radical libre impidiendo que las biomoléculas (proteínas, lípidos, carbohidratos y ácidos nucleicos) se unan al oxígeno y sean degradadas, disminuyendo así la generación de productos oxidados (Huang et al., 2004; Valverde, 2014).

Chocho (*Lupinus mutabilis sweet*)



Fig. 7 Chocho (*Lupinus mutabilis sweet*)

Es una leguminosa conocida como la soya andina debido al elevado porcentaje de proteínas (42 - 51%) en especial por el contenido de lisina (Popenoe et al., 1989), que juega un papel de gran importancia en la producción de carnitina, responsable en la conversión de ácidos grasos en energía y ayudar a reducir el colesterol. Así mismo, la lisina es útil en la absorción de calcio, formación de colágeno e importante para un crecimiento adecuado (Guevara, 2016), además, contiene 30% de ácidos grasos esenciales (28,17 % de ácido linoleico, y 2,54 % de ácido linolénico) que la convierten en grasa de alta calidad (Villacrés, 2010). Estudios realizados por Villacrés (2010) en aceites de chocho menciona que carece de α - tocoferol, sin embargo, existe concentraciones notables de γ - tocoferol (1172,8 ppm) que actúan como antioxidante y proporcionan estabilidad a ácidos grasos insaturados previniendo su oxidación.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1 Materiales

Los cultivos andinos Achira (*Canna edulis*), Camote (*Ipomoea Batatas*), Mashua (*Tropaeolum tuberosum*), Oca (*Oxalis tuberosas*), Papa China (*Colocasia esculenta*), Zanahoria Blanca (*Arracacia xanthorrhiza*) y Chocho (*Lupinus mutabilis swee*) fueron adquiridos en mercados locales de la ciudad de Ambato.

2.2 Obtención de harina

Los tubérculos fueron lavados con agua potable hasta la completa eliminación de las impurezas, luego se procedió a cortar en rodajas de aproximadamente 2 mm de espesor. Posteriormente se sometió a un proceso de deshidratación basado en la metodología de Lalaleo (2017) que consistió en secar a 60 °C en un secador de bandejas (Gander mtn CD-160) con circulación de aire caliente por un tiempo de 24 horas hasta humedad constante (<14%). Al finalizar proceso de deshidratación, las muestras fueron trituradas en un molino (Óster Bvstbmh 23 -013) y posteriormente envasadas herméticamente hasta su utilización.

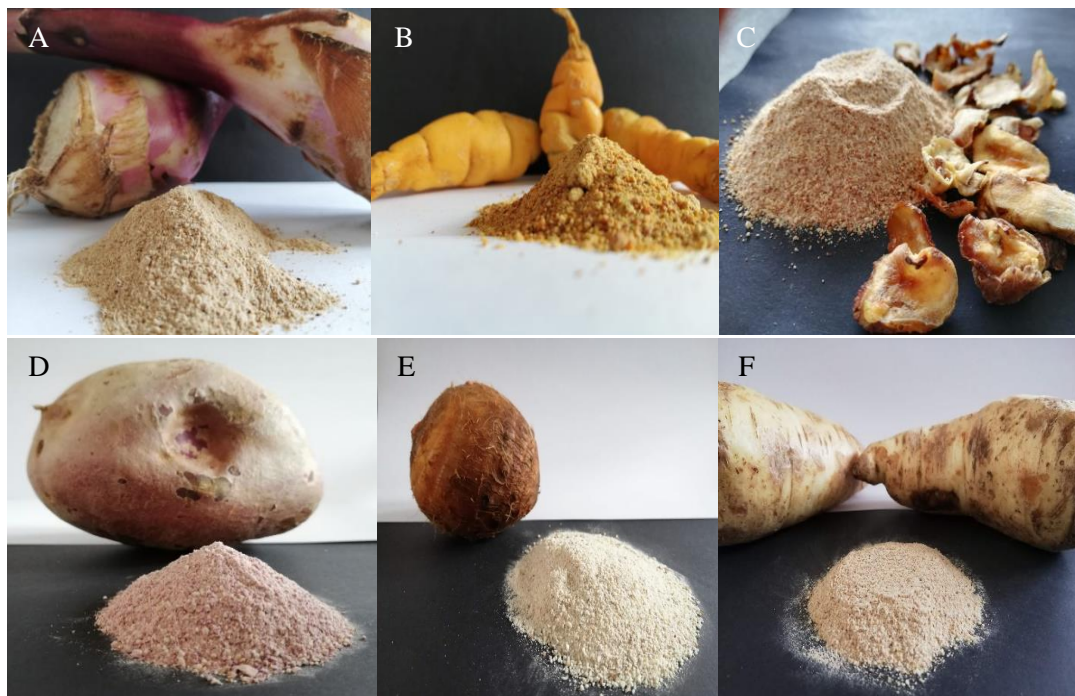




Fig. 8 Harinas obtenidas de Achira (A), mashua (B), Oca (C), Camote (D), Papa China (E), Zanahoria Blanca (F), Chocho (G)

2.3 Caracterización fisicoquímica de las harinas

2.3.1 Humedad

Basado en la metodología AOAC 930.15, se colocó 2 g de harina en una cápsula vacía previamente pesada, posteriormente se colocó la muestra en una estufa a 130 °C por 24 horas. Terminado el proceso se colocó en un desecador hasta obtener un peso constante. Los análisis fueron realizados por triplicado y los resultados fueron expresados en porcentaje el peso total. Para el cálculo pertinente se aplicó la ecuación 1.

$$\%H = \left(\frac{(w1-w2)}{\text{peso de la muestra}} \right) * 100 \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde:

W1: peso de la muestra + cápsula antes de la estufa

W2: peso de la muestra + capsula después de la estufa

2.3.2 Fibra

Basado en la metodología descrita en la norma NTE INEN 522 (1981), se pesó 1 gramo de muestra magra, se añadió 100 ml de ácido sulfúrico y se esperó hasta digestión por 1 hora con agitación constantemente. La solución fue filtrada y lavada 3 veces con agua caliente. Los residuos obtenidos fueron colocados en 100 ml de NaOH al 22% y se repitió la digestión por 1 hora más, posteriormente se filtró y se lavó en agua caliente. Los residuos tuvieron un proceso de secado a 103°C por 24 horas y después se calcinó a 550 °C por 3 horas. Los ensayos fueron realizados por triplicado y expresados en porcentaje de pérdida de masa comparada con la masa original.

2.3.3 pH

El ensayo se determinó en base a la NTE INEN 389, se colocó en un vaso de precipitación 10 g de la muestra en 100 ml de agua destilada. El líquido fue decantado y se introdujo los electrodos del potenciómetro en el vaso de la muestra sin que estos toquen las paredes de recipiente, las mediciones se realizaron por triplicado.

2.3.4 Acidez titulable

Según la Norma AOAC 939.05, se pesó 10 gramos de la muestra y se añadió 90 ml de agua. Se mezcló por 20 min, fraccionando 10 ml en tres tubos (cada tubo representa una réplica) y finalmente se agregó 3 gotas fenolftaleína. Se recomienda filtrar la suspensión en caso de existir partículas en suspensión mediante una bomba de vacío. El sobrenadante fue titulado con NaOH 0.1N, para la determinación de la acidez se aplicó la ecuación 2

$$\% \text{ acidez titulable} = \frac{\text{Vol (ml)NaOH} \cdot 0,1N \cdot \text{factor} \cdot 100}{\text{peso de la muestra}} \quad (\text{Ec. 2})$$

2.3.5 Lípidos

Basado en la NTE INEN 0523 (1981), se pesó 1g de muestra en papel filtro y se colocó en un dedal tapado con algodón. Se colocó 50 ml de éter de petróleo en vasos de aluminio previamente tarados, después las muestras fueron expuestas a un proceso de ebullición y lavados por 4 horas mediante la unidad Soxhlet. Posteriormente el solvente se recuperó por destilación. Se pesó la cantidad de grasa de cada vaso. El análisis fue realizado por triplicado y el cálculo del contenido de grasa se realizó aplicando la ecuación 3.

$$\text{grasa cruda} = \frac{w_2 - w_0}{w_1} * 100 \quad (\text{Ec. 3})$$

Donde:

w_0 = vaso de aluminio vacío

w_1 = peso de la muestra

w_2 = peso del vaso con grasa

2.3.6 Ceniza

Se colocó 2 g de muestras en crisoles de porcelana tarados previamente, las muestras se colocaron en la mufla y se procedió a incinerar a 600 °C por 2 horas, acorde a la metodología descrita en la norma NTE INEN 520 (1981). Finalmente se enfría en un desecador hasta un peso constante. Los ensayos fueron realizados por triplicado y el porcentaje de ceniza calculados mediante la ecuación 4.

$$\%C = \frac{\text{peso de cenizas (g)} \cdot 100}{\text{peso de muestra (g)}} \quad (\text{Ec. 4})$$

2.3.7 Proteína

Para la determinación del contenido de proteína se utilizó un analizador de nitrógeno (Dumas Velp NDA 701 Velp Científica) mediante la metodología Dumas descrita por AOAC (2000). Se pesó 50 mg de muestra y se colocó en el horno del equipo. A través de una curva de calibración de nitrógeno, entre 0 y 7 mg N, y con condiciones de análisis de tasa de flujo de oxígeno de 400 (ml O₂/min) se determinó el contenido de nitrógeno total. Para el análisis se utilizó 6,25 como factor de conversión de la proteína. Los ensayos fueron realizados por triplicado.

$$\% \text{Proteína} = \%N * F \quad (\text{Ec. 5})$$

Donde:

%N= porcentaje de nitrógeno

F= factor de conversión (6,25)

2.3.8 Granulometría

Acorde a la metodología descrita en NTE INEN 0517 (1981), se colocó 100 g de harina en un agitador (RESTCH gMBh) de 5 tamices alineados en relación con la abertura de la malla de forma decreciente: 40 (420 µm), 60 (250 µm), 100 (149 µm), 140 (106 µm), 200 (75 µm) y fondo, donde se mantuvo en agitación por 5 minutos. Posteriormente se pesó los tamices y se determinó el módulo de finura y uniformidad. Los ensayos fueron realizados por triplicado.

2.3.9 Densidad Aparente

Basado en la metodología de Gujska & Khan, (1990). Se pesó una probeta de 100 ml y se adicionó harina hasta alcanzar los 100 ml. El ensayo fue realizado por triplicado, la densidad aparente fue calculada mediante la ecuación 6:

$$Da = \frac{\text{peso de la harina (g)}}{\text{Volumen de la probeta (cm}^3\text{)}} \quad (\text{Ec. 6})$$

2.3.10 Color

Los parámetros de color, L* (luminosidad), a* (rojo/verde), b* (Amarillo/azul), e índice de blancura fueron evaluados en un colorímetro (LOVIBOND, LC100, EE. UU), calibrado con un iluminador D65 (luz natural) y un observador estándar D10. Se realizaron al menos 15 mediciones en diferentes áreas de la muestra, y el promedio se registró con el valor reportado. La coordenada polar o saturación Cromo C* y tono °H se calculó a partir de las ecuaciones 7 y 8

$$C * = \sqrt{(a^2 + b^2)} \quad (\text{Ec. 7})$$

$$^{\circ}H = \text{actg} \left(\frac{b^*}{a^*} \right) \quad (\text{Ec. 8})$$

2.4 Propiedades funcionales

2.4.1 Capacidad de Retención de agua

Se utilizó la metodología propuesta por Bryant & Hamaker (1997), se preparó una disolución al 1% (p/v) de harina en agua y se colocó en baño maría a 50, 60, 70 y 80 °C durante 15 minutos con agitación constante. Las muestras fueron centrifugadas (Hettich® Modelo D-78532) a 1000 rpm por 10 minutos, posteriormente se decantó el sobrenadante y el peso ganado por el gel se calculó mediante la ecuación 9:

$$CRA = \frac{(\text{peso del gel} - \text{peso de muestra})g}{\text{peso de muestra (g)}} \quad (\text{Ec. 9})$$

2.4.2 Solubilidad y factor de hinchamiento

La determinación de la solubilidad y factor de hinchamiento se realizó acorde a la metodología descrita por Crosbie (1991), se preparó una suspensión de harina al 1%, posteriormente se colocó en baño maría a diferentes temperaturas: 50, 60, 70 y 80 °C, por 30 minutos con agitación constante. Las muestras fueron centrifugadas por 15 minutos a 4800 rpm en una centrifuga (Hettich® Modelo D-78532, Alemania). El sobrenadante fue decantado y se pesó el gel obtenido que posteriormente fue colocado en una estufa a 100 °C por 24 horas. El ensayo fue realizado por triplicado y se utilizó las ecuaciones 10 y 11 respectivamente.

$$sol = \frac{\text{peso de los sólidos solubles (g)}}{\text{peso de la muestra (g)}} \quad (\text{Ec. 10})$$

$$FH = \frac{\text{peso gel (g)}}{\text{peso de la muestra} - \text{peso sólidos solubles (g)}} \quad (\text{Ec. 11})$$

2.4.3 Almidón Total y Amilosa

Para la determinación de almidón y amilosa se empleó el kit enzimático Megazyme, se precipitó la amilopectina utilizando concanavalina A (Con -A), la amilosa que se obtuvo se hidrolizó a glucosa (Morrison & Laignet, 1983; Yun & Matheson, 1990). La cuantificación del almidón y amilosa fueron realizadas por duplicado mediante un espectrofotómetro UV-Vis (Thermo 4001/4) a una longitud de onda de 510 nm. La cuantificación de almidón y amilosa se realizó mediante la aplicación de la ecuación 12 y 13 respectivamente.

$$\text{Amilosa \%} \left(\frac{w}{w} \right) = \frac{\text{Absorbancia (Con A sobrenadante)}}{\text{Absorbancia (Alicuota de almidon Total)}} * \frac{6.15}{9.2} * \frac{100}{1} \quad (\text{Ec. 12})$$

$$\text{Almidón \%} = \Delta A * F * EV * \frac{D}{w} * 0.90 \quad (\text{Ec. 13})$$

Donde:

ΔA = absorbancia de la solución de muestra medidas frente al reagente blanco.

F= factor para convertir los valores de absorbancia en mg de glucosa

EV= volumen de extracción de la muestra

D= Dilución adicional de la solución de la muestra

W= peso de la muestra (mg)

2.4.4 Microscopia óptica

El ensayo siguió la metodología acorde a lo descrito por Pinho et al., (2014) y observado mediante el uso de un microscopio óptico (EVOS X-L, EE.UU). Se preparó una suspensión de 100 mg de harina en 5 ml de agua, posteriormente se colocó dos gotas de la suspensión en una placa, se añade dos gotas de lugol, finalmente las observaciones fueron realizadas a una resolución de 40x.

2.4.5 Calorimetría diferencial de barrido (DSC)

Previo al análisis la muestra fue preparada en base a la metodología descrita por Espinoza (2012), 250 mg de harina fueron suspendidos en 100 μL de agua destilada a excepción de la muestra de achira que fue suspendida en 150 μL y se dejó en reposo 24 horas a temperatura ambiente. Posteriormente en cápsulas de aluminio previamente tarados fue pesada aproximadamente 22 mg de la suspensión con una balanza analítica (Mettler-Toledo, España). Los crisoles fueron sellados herméticamente y fueron analizados por triplicado con un equipo de calorimetría diferencial de barrido DSC 3 (Mettler-Toledo, España). Como referencia se utilizó un crisol vacío. Tanto la muestra como la referencia fueron analizadas con un barrido de temperatura desde 30 a 92 $^{\circ}\text{C}$, además se mantuvo una isoterma de 92 $^{\circ}\text{C}$ por 2 minutos. La velocidad de rampa de calentamiento fue de 10 Kmin^{-1} y una tasa de 50 ml min^{-1} de nitrógeno como purga. Los ensayos fueron realizados por triplicado.

2.5 Caracterización fisicoquímica de suspensiones

2.5.1 Propiedades reológicas

El ensayo se realizó acorde la metodología descrita por Lalaleo (2017) la misma que utilizó un reómetro modular Compacto (Anton-Paar MCR 302, Austria), con sistema plato-plato PP25 ($\text{gap}= 1\text{mm}$) para pruebas oscilatorias con control de temperatura (25 $^{\circ}\text{C}$). El análisis de los datos se realizó con el software RheoCompass.

2.6 Propiedades Bioactivas

2.6.1 Determinación de compuestos fenólicos

Para el tratamiento previo de la muestra se pesó 250 mg de harina, se agregó 10 ml de agua para lograr el arrastre de compuestos; posteriormente se filtró la suspensión colocando en balones de 25 ml y se aforó con agua destilada. Los compuestos fenólicos totales fueron cuantificados mediante el método Folin-Ciocalteu de Singleton y Rossi (1965) y Baldeon (2019) con ciertas modificaciones. Se tomó una alícuota de 2,5 ml de muestra previamente tratada en balones de 10 ml, se agregó 1 ml de reactivo Folin-ciocalteu y se dejó en reposo por una hora. Posteriormente se añadió 5 ml de carbonato de sodio (35%), se aforó con agua destilada, se agitó y se dejó en reposo por una hora más. Finalmente, las lecturas se realizaron por triplicado a una longitud de onda de 765 nm mediante un espectrofotómetro UV/vis (Boeckel Co S-220). La curva de calibración se preparó empleando ácido gálico como sustancia patrón con diluciones de concentraciones de 0, 1, 2.5, 5, 7.5, 10 y 15 ppm. El promedio de las absorbancias para cada muestra fue interpolado en la curva de calibración para cuantificar la concentración de fenoles totales.

2.6.2 Determinación de la actividad antioxidante

Para el tratamiento previo de las muestras se pesó 250 mg de harina, se agregó 10 ml de agua destilada para lograr el arrastre de compuestos, la suspensión se filtró y se colocó en

balones de 25 ml para posteriormente aforar con agua destilada. El radical ABTS (ABTS⁺) fue preparado en base a la metodología descrita por Re et al. (1999) y Baldeon (2019) con modificaciones que han sido tomadas en cuenta para la investigación. Un día antes se preparó una solución 7mM de ABTS disuelto en 50 ml de agua y se mezcló con una solución de 2.45 Mm de per-sulfato de potasio disuelta en 50 ml de agua. La solución preparada se almacenó en la oscuridad al menos 16 horas antes del ensayo. Utilizando una micro pipeta, se añadió 2400 µL de solución ABTS⁺ en una celda e inmediatamente se añadió 100 µL de la muestra y se agitó, dejando en reposo por 6 minutos cronometrados (se inició el cronómetro al instante que se añadió la muestra en la celda). Las lecturas se realizaron por triplicado a una longitud de onda de 740 nm mediante un espectrofotómetro UV/vis (Boeckel Co S-220). La curva de calibración se preparó empleando trolox como sustancia patrón con diluciones de concentraciones de 0, 0.5, 1, 2.02, 2.96 y 4.01 ppm y control reactivo. El resultado final obtuvo mediante la diferencia entre la celda control (ABTS⁺) y la lectura obtenida de las muestras analizadas.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Propiedades Fisicoquímicas

Análisis Proximal

Los resultados del análisis proximal de las harinas obtenidas a partir de los cultivos andinos se muestran en la Tabla 1. Los datos indican diferencia significativa ($p < 0,005$) en cada uno de los parámetros analizados.

Tabla 1.- Análisis proximal de las muestras de harina de cultivos andinos.

| MUESTRA | Humedad (%) | Proteína (%) | Grasa (%) | Fibra (%) | Cenizas (%) | CH (%) |
|------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------|--------------------------|--------|
| Mashua | 18,85 ± 0,05 ^a | 9,12 ± 0,17 ^a | 0,59 ± 0,08 | 9,63 ± 0,10 ^c | 4,93 ± 0,05 ^b | 41,59 |
| Chocho | 7,00 ± 0,03 ^d | 52,82 ± 0,0 ^b | 17,78 ± 0,69 ^a | 12,57 ± 0,06 ^e | 2,93 ± 0,07 ^d | 0,38 |
| C. Morado | 6,54 ± 0,62 ^{cd} | 4,63 ± 0,24 ^c | 0,37 ± 0,06 | 11,19 ± 0,02 ^{cd} | 3,35 ± 0,44 ^d | 67,80 |
| P. China | 6,33 ± 0,27 ^{cd} | 8,36 ± 0,13 ^d | 0,73 ± 0,09 | 14,86 ± 0,06 ^f | 5,53 ± 0,04 ^b | 58,48 |
| Oca | 15,66 ± 1,28 ^b | 1,65 ± 0,09 ^b | 1,07 ± 0,07 | 5,35 ± 0,09 ^a | 3,08 ± 0,20 ^d | 60,22 |
| Achira | 5,99 ± 0,12 ^c | 4,80 ± 0,16 ^c | 0,63 ± 0,31 | 11,53 ± 0,07 ^{de} | 8,06 ± 0,05 ^a | 63,38 |
| Z. Blanca | 6,19 ± 0,14 ^{cd} | 2,10 ± 0,20 ^b | 0,69 ± 0,09 | 9,15 ± 0,14 ^b | 4,46 ± 0,15 ^c | 71,60 |

Diferentes letras (a, b, c, d, e, f) indican diferencia significativa entre muestras. * El contenido de carbohidratos se obtuvo por diferencia.

Los valores de humedad de las muestras variaron entre 5,99 % a 18,85 %, la mayoría de harinas se encuentran dentro de los límites de calidad establecidos para harinas (%H < 14%). Sin embargo, el contenido de humedad de harina de mashua (18,85 %) y oca (15,66 %) son ligeramente superiores, probablemente atribuido a la presencia de azúcares libres como sacarosa que podrían interactuar con el agua, debido a la facilidad que tiene sus grupos hidrófilos para establecer puentes de hidrógeno e incrementar el valor de agua presente en las muestras (Bernabé & Cancho, 2017). Por otra parte, Lalaleo (2017); Nuwamanya et al. (2002); Santos (2010) mencionan que el bajo contenido de humedad posee una estrecha relación con la calidad, ya que harinas con valores inferiores a 14% de humedad pueden ser almacenadas a temperatura ambiente sin ser propensas a infecciones de hongos y microorganismos. Así mismo, Barbosa et al. (2005) mencionan que el contenido de humedad juega un rol vital en la manipulación, almacenamiento y procesamiento de los alimentos pulverulentos. Además, valores similares fueron reportados por Aboubakar et al. (2008) en harina de papa china (8,2 -9,6%), Carrera et al. (2019) en harina de yuca (14,20%) y Guerra (2014) en harina de mashua (13,80%).

El contenido de proteína de las muestras osciló entre 1,65% (oca) y 52,82% (chocho), los datos presentaron diferencia significativa ($p < 0,05$). Estudios realizados por Tiuquinga (2017) en harina de achira (6,76%), Montaldo (2004) en harina de papa china (7,37%) y

Bernabé & Cancho (2017) en harina de oca (4,85%) presentan valores similares a los reportados en este estudio. Los resultados obtenidos de harina de chocho fueron similares a los reportados por Villacrés et al. (2006) en muestras de chocho desamargado (54,05%). Cabe destacar que la harina de chocho presentó valores superiores de proteína en comparación con los demás cultivos analizados, esto puede atribuirse a que esta leguminosa posee una elevada capacidad de fijación de nitrógeno (Juliano & Bechtel, 1985; Souza, 2010; Villacrés et al., 2006).

Los resultados del contenido de materia grasa de las diferentes harinas presentaron una variación entre 0,37% (Camote Morado) a 17,78% (chocho) evidenciando diferencia significativa ($p < 0.05$). Los valores obtenidos para harina de chocho fueron similares a los reportados por Villacrés et al. (2006) en chocho desamargado (21,22%). Además, la harina de chocho presenta los valores más elevados, este hecho puede atribuirse al alto contenido de ácidos grasos (Oleico 40,40%, linoleico 37,10%, linolénico 2,90%) presentes en la muestra (Villacrés et al., 2006). Por otro parte, la muestra de harina de achira difiere a lo reportado por Tiuquina (2017), ya que sus valores fueron superiores (2,02%). Esta diferencia en el extracto etéreo varía en función a la zona geográfica del cultivo, ya que, mejores características se obtiene a altitudes entre 500-1700 m.s.n.m con gran luminosidad y pH de suelo de 5.0 - 6.5 (Chafra, 2014).

Los valores de fibra de las diferentes harinas mostraron una variación entre 5,35% (Oca) a 14,86 % (papa china), encontrándose diferencia significativa ($p < 0.05$). Palomino (2010) reportó valores elevados de fibra (64,61%) en harina de cáscara de papa china, mientras que en harina de pulpa de papa china los resultados fueron inferiores a lo reportado en este estudio, esto posiblemente se atribuya al elevado contenido de celulosa, hemicelulosa, lignina y pectinas presentes en la corteza (Rodríguez, 2009). Además, Bernabé y Cancho (2017) reportaron valores similares en muestras de harina de oca (5,29%) y Matsuguma et al. (2009) en harina de Zanahoria blanca (9,17 - 10,9%).

El contenido de cenizas de las muestras de harinas de cultivos andinos estuvo alrededor de 2,93% en Chocho a 8,06% para Achira. La muestra de harina de achira presenta los valores más elevados debido posiblemente a la presencia de cáscara, ya que el contenido de minerales como sodio y calcio que se reportan en la cáscara podría incrementar en aproximadamente cuatro veces el valor de cenizas en comparación con el contenido que se podría encontrar en harina de pulpa (Haslinda et al., 2009; Lalaleo, 2017). Los resultados obtenidos de harina de achira concuerdan con los reportados por Chafra (2012) que documentó valores de 9,53%; Bernabé & Cancho (2017) en harina de oca que reportó un valor de 3,3%, Guerra (2014) en harina de mashua que encontró un porcentaje de 5,68% y Madrigal et al. (2018) en harina de papa china (3,47 %). Los valores obtenidos y reportados podrían atribuirse a la presencia de sales minerales como Calcio, Potasio, Hierro, Fósforo, entre otros, que se encuentran en las harinas de cultivos andinos (Aina et al., 2009; Lebot, 2010; Silva, 2019).

El contenido de carbohidratos varió entre 0,38% a 71,6%, la muestra de harina de zanahoria blanca presentó los valores más altos (71,6%) respecto al total de las muestras. Matsuguma et al. (2009) reportaron resultados similares en muestras de tubérculo fresco de zanahoria blanca (82,2%). Por otra parte, en harina de chocho observaron valores más bajos (0,38 %) en relación a lo reportado por Acuña & Caiza (2010) en harina de chocho (25,11%). Estas variaciones pueden estar relacionadas con las características genotípicas, estado metabólico, ambientales y estado de madurez (Baguma et al., 2003; Mukerjea & Robyt, 2005).

Acidez y pH

La acidez y pH de las muestras de harinas de los cultivos andinos se observan en la Tabla 2, el análisis estadístico permitió establecer diferencia significativa ($p < 0,05$). La acidez en la harina de mashua fue superior (1,03 % de ácido tartárico) en comparación con las demás muestras. Sin embargo, este valor difiere a lo reportado por Saa (2019), quien obtuvo valores más altos en muestras de mashua deshidratada (1,15 a 1,38 g de ácido tartárico/100g). Los valores reportados podrían ser atribuidos a la presencia de ácido oxálico y ácido ascórbico en la composición de este tubérculo. Así mismo, Aguado (2017) menciona que esta propiedad depende de la variedad del cultivo, ya que se ha identificado en la variedad ECU-1128 un aporte de 96,62 mg de ácido ascórbico sobre 100 gramos de materia fresca como la más sobresaliente. Además, las muestras de Chocho, Camote Morado, Papa China, Zanahoria Blanca, Oca y Achira oscilan entre 0,12 y 0,50% de ácido tartárico, existiendo similitud en la muestra de Camote Morado y Oca. Considerando que, las regulaciones sanitarias mencionan que las harinas no deben exceder el 2% de acidez, lo que es un indicativo de un buen estado de conservación del producto, todas las muestras de harina de cultivos andinos cumplen con este requerimiento.

Tabla 2. Valores de acidez y pH de las muestras de harina de cultivos andinos.

| Muestra | Acidez (% Ac. tartárico.) | pH |
|-------------------------|--------------------------------------|---------------------------|
| Mashua | 1,03 ± 0,03 ^b | 5,88 ± 0,00 ^{ab} |
| Chocho | 0,12 ± 0,01 ^f | 6,41 ± 0,09 ^f |
| Camote Morado | 0,25 ± 0,01 ^a | 5,85 ± 0,01 ^a |
| Papa china | 0,43 ± 0,03 ^c | 5,97 ± 0,01 ^{bc} |
| Oca | 0,24 ± 0,02 ^a | 6,35 ± 0,00 ^{de} |
| Achira | 0,50 ± 0,03 ^e | 6,05 ± 0,01 ^c |
| Zanahoria Blanca | 0,31 ± 0,01 ^d | 6,29 ± 0,02 ^d |

Los superíndices (a, b, c, d, e y f) indican diferencia significativa entre las filas de acidez y pH, evaluados con una prueba Tukey al 95% de confianza.

En cuanto al pH, los resultados estuvieron comprendidos entre 5,88 y 6,41, el análisis estadístico indica que existe diferencia significativa. Medina & Uscca (2018), Caya (2009) obtuvieron valores entre 4,71 y 6,22 en harina de mashua, mientras que Cajamarca (2010) reportó valores de 4,54 y 5,7 para tubérculos frescos y endulzados respectivamente. Egan et al (1981) mencionan que el pH de las harinas oscila entre 6 y 6,8 lo que se corrobora con los datos obtenidos en este estudio. Según Barreiro & Sandoval (2006) y Ramón, (2017) mencionan que existe una relación inversa entre los valores de pH y la cantidad de ácidos presentes (ácido ascórbico, oxálico, málico, quínico, succínico y fórmico) sin embargo, esta relación no es muy estrecha en el caso de los alimentos, debido a que la mayoría de ácidos presentes son débiles, los cuales solo se disocian parcialmente, por lo que no tienen un efecto severo en el pH en comparación con un ácido fuerte. Ramón (2017) menciona que la mashua es uno de los principales alimentos en los cuales no se observa una relación clara entre en pH y el contenido de ácidos (acidez titulable).

3.2 Densidad Aparente

En la Tabla 3 se presentan los resultados de la densidad aparente, se observa que existe diferencia significativa ($p < 0,05$) entre las muestras analizadas. Los valores más altos de densidad aparente se obtuvieron en las muestras de Oca y Chocho (0,71 y 0,47 g/cm³ respectivamente). Nora et al. (2014), mencionan que la densidad está relacionada con la composición química, principalmente por el contenido de fibra, puesto que altera la densidad de la matriz polimérica, así mismo, el tamaño medio de las partículas ya que densidades altas estarán asociados con partículas más finas, en vista que estas tienden a aglomerarse ocupando así un mayor volumen debido a la baja resistencia a la compactación (Bedolla & Rooney, 1984; Lalaleo, 2017; Rayo, 2013; Rodriguez, 2009). Cuando las partículas están limitadas por un volumen específico estas tienen a organizarse de manera aleatoria formando espacios vacíos entre las partículas, por lo que esta irregularidad aumentará la densidad aparente (Lalaleo, 2017). Por otra lado, valores similares fueron reportados por Nora et al. (2014) en harina de batata (0,67 - 0,69 g/cm³), ñame (0,73 - 0,74 g/cm³) y yuca blanca (0,51 g/cm³ (0,67 g/cm³); Lalaleo (2017) & Falade

& Oyeyinka, (2014) en harina de plátano (0,51 – 0,72 g/cm³) y Contreras, (2009) en, harina de maíz nixtamalizado (0,41 – 0,54 g/cm³).

Tabla 3. Valores obtenidos de densidad Aparente de las muestras de harina

| Muestras | Densidad Aparente (g/cm³) |
|-------------------------|---|
| Camote Morado | 0,62 ± 0,01 ^{bc} |
| Papa china | 0,60 ± 0,01 ^b |
| Mashua | 0,65 ± 0,01 ^{cd} |
| Oca | 0,71 ± 0,01 ^e |
| Achira | 0,63 ± 0,01 ^{bcd} |
| Chocho | 0,47 ± 0,01 ^a |
| Zanahoria Blanca | 0,67 ± 0,04 ^{de} |

Los superíndices (a, b, c, d y e) indican diferencia significativa entre la densidad aparente, evaluados con una prueba Tukey al 95% de confianza.

3.3 Color

Los resultados de los parámetros de color (L*, a*, b*, C*) se presentan en la Tabla 4. Los valores evidencian diferencia significativa (p<0,05) con excepción de °H (tono). Los valores de L* se encuentran en un rango de 59,2 - 78,7, lo que indica que las harinas de tubérculos andinos poseen coloraciones claras. Las muestras de Mashua, Oca, Achira y Camote Morado presentan colores más oscuros, probablemente atribuidos al elevado contenido de azúcares y proteínas, así como también por efectos de degradación de componentes fenólicos, incluyendo clorofila y sus derivados, antocianinas (cianidinas, pelargodinas y peonidinas), proantocianinas, carotenoides (α – β carotenos), las cuales inciden sobre las reacciones de Maillard y caramelización (Barreiro & Sandoval, 2006; Kraithong, Lee, & Rawdkuen, 2017; Ramón, 2017; Silva, 2019). Sin embargo, la baja luminosidad de la achira podría deberse a ciertas enzimas como la polifenol-oxidasa que contribuye al pardeamiento enzimático (Alkarkhi et al., 2011; Lalaleo, 2017).

Similar a lo discutido previamente en luminosidad, el índice de blancura la muestra de papa china presenta los valores más elevados (75,10) muy semejante a lo reportado por Montoya (2012) en muestra de harina de trigo comercial (64,35 – 69,06).

Tabla 4. Parámetros de color: Luminosidad (L*), a* (+rojo), b* (+amarillo), Cromaticidad (C*), ángulo Hue (°H) e índice de blancura de las muestras de cultivos andinos.

| Muestra | L* | a | b | C* | °H | IB |
|-----------|------------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|--------|
| Mashua | 59,199 ± 2,017 ^a | 10,828 ± 0,123 ^f | 39,342 ± 0,88 ^f | 40,8052 ± 0,88 ^f | 77,297 ± 0,13 ^a | 42,296 |
| Achira | 61,783 ± 0,621 ^{ab} | 5,889 ± 0,347 ^d | 21,404 ± 0,45 ^d | 22,200 ± 0,52 ^d | 68,822 ± 1,96 ^a | 55,803 |
| Oca | 69,004 ± 1,284 ^c | 5,26 ± 0,139 ^d | 22,706 ± 0,24 ^d | 23,490 ± 0,16 ^d | 83,946 ± 0,94 ^a | 61,123 |
| Camote M. | 64,184 ± 1,003 ^b | 8,171 ± 0,195 ^c | 7,887 ± 0,6 ^c | 11,366 ± 0,30 ^c | 44,403 ± 1,75 ^a | 62,427 |
| P. China | 78,663 ± 0,703 ^d | 2,312 ± 0,515 ^b | 12,624 ± 0,07 ^b | 12,841 ± 0,11 ^b | 86,799 ± 2,61 ^a | 75,100 |
| Chocho | 77,365 ± 0,04 ^d | -0,026 ± 0,03 ^a | 25,356 ± 0,40 ^a | 25,356 ± 0,40 ^a | 92,591 ± 0,80 ^a | 66,97 |
| Z. blanca | 72,075 ± 0,255 ^c | 4,462 ± 0,108 ^c | 18,928 ± 0,14 ^c | 19,446 ± 0,15 ^c | 78,944 ± 1,96 ^a | 65,971 |

Los superíndices (a, b, c, d, e y f) indican diferencia significativa entre parámetros del espacio de color CIELab (L*, a*, b*, C* y °H), evaluados con una prueba Tukey al 95% de confianza.

Respecto a los resultados de tono (°H), las muestras de camote presentan los valores más bajos (44,4), lo que genera un desplazamiento leve hacia la zona de los tonos naranjas. Este hecho puede atribuirse a que a temperaturas superiores a 66 °C y tiempo de deshidratación prolongado, se provocan cambios en la permeabilidad de la membrana celular y por ende la migración de los pigmentos naturales del alimento como carotenoides, niacina y rivoflavina (Cooperstone & Schwartz, 2016; Di Noia & Contento, 2010; Meléndez et al., 2004; Mesa, 2018; Rodríguez, 1997; Young & Lowe, 2001). Por otro lado, las muestras de zanahoria blanca, chocho, papa china, oca, achira, mashua poseen un desplazamiento en el espacio CIELab hacia los amarillos intensos.

Los resultados de cromaticidad (C*) de la harina de mashua tiene los valores más elevados (40,80), acercándose hacia la zona de los amarillos más saturados. Este efecto puede estar atribuido principalmente a reacciones de Maillard y caramelización que ocurrieron en el proceso de deshidratación, debido a la presencia de azúcares reductores (grupo aldehído o cetona) y de aminoácidos (grupo amino libre), que favorecen el desarrollo de colores pardos (Bello, 2008; Fennema, 2000; Fernández et al., 1999; Labuza & Saltmarch, 1981; Mesa, 2018).

3.4 Granulometría (módulo de finura y uniformidad)

Los resultados del módulo de finura de las muestras de harina se presentan en la Fig. 9, los valores presentan diferencia significativa ($p < 0.05$), debido probablemente al proceso de molienda y a la presencia de estructuras fibrosas (celulosa, hemicelulosa, lignina, pectinas entre otras) por lo que se obtiene partículas de mayor tamaño (Kent, 1971; Rodríguez, 2009). Según Lalaleo (2017) y Savlak et al. (2016) en este tipo de materias primas el módulo de finura influye en los atributos de calidad tales como retención de agua y aceite, solubilidad de agua, dispersión del polvo, densidad aparente, viscosidad de la masa y textura de productos terminados. Por lo tanto, los módulos de finura que presentan las harinas de tubérculos andinos estudiadas pueden ser clasificados en harinas medianas según Ortolan (2006).

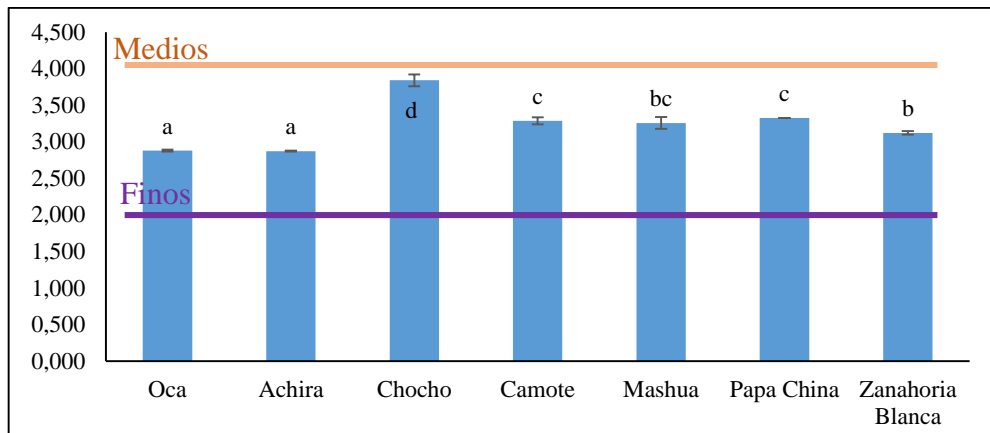


Fig. 9.- Modulo de finura de las partículas de las muestras de harina de tubérculos andinos. Diferentes letras (a, b, c, d) indican diferencia significativa entre muestras

Además, el análisis de granulometría (Fig. 10) indica que el mayor porcentaje de retención de harina se encuentra en el tamiz 40 mesh a excepción de la muestra de achira, en la cual el mayor porcentaje de retención se encuentra en la base (325 mesh). Resultados similares se reportan en estudios realizados por Souza (2010) en muestras de harina de arroz crudo, donde se reporta mayor porcentaje (50%) de retención en el tamiz 100 mesh con abertura de 150 μm , así mismo, Bernabé & Cancho (2017) reportan un 75% retención de harina de oca en el tamiz 70 mesh (0,0083 mm).

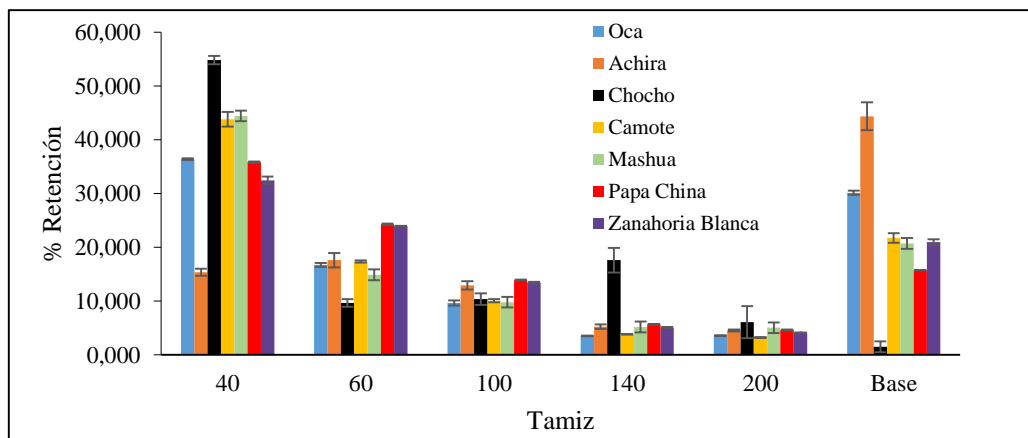


Fig. 10.- Clasificación granulométrica de las harinas de cultivos andinos

Tabla 5.- Propiedades funcionales de las muestras de harina (Factor de hinchamiento, Solubilidad en temperatura (50 – 80°C) de las muestras

| Muestra | 50 °C | | 60 °C | | 70 °C | | 80 °C | |
|------------------|---------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| | Fh (u. a) | Solubilidad (%) | Fh (u. a) | Solubilidad (%) | Fh (u. a) | Solubilidad (%) | Fh (u. a) | Solubilidad (%) |
| Oca | 0,04 ± 0,01 ^a | 0,91 ± 0,01 ^{a, x} | 0,06 ± 0,02 ^{a, x} | 0,94 ± 0,00 ^{a, y} | 0,06 ± 0,00 ^{a, x} | 0,93 ± 0,01 ^{a, x} | 0,05 ± 0,02 ^{a, x} | 0,91 ± 0,00 ^{a, z} |
| Mashua | 0,06 ± 0,02 ^{ab} | 0,94 ± 0,01 ^{b, x} | 0,06 ± 0,00 ^{ab, x} | 0,95 ± 0,00 ^{b, y} | 0,09 ± 0,01 ^{ab} | 0,95 ± 0,00 ^{b, x} | 0,09 ± 0,03 ^{ab} | 0,93 ± 0,01 ^{b, z} |
| P China | 0,16 ± 0,02 ^d | 0,96 ± 0,01 ^{b, x} | 0,32 ± 0,07 ^{d, x} | 0,97 ± 0,01 ^{b, y} | 0,15 ± 0,01 ^d | 0,96 ± 0,01 ^{b, x} | 0,09 ± 0,01 ^d | 0,92 ± 0,01 ^{b, z} |
| Achira | 0,11 ± 0,03 ^{bc} | 0,94 ± 0,01 ^{a, x} | 0,10 ± 0,02 ^{bc, x} | 0,94 ± 0,01 ^{a, y} | 0,10 ± 0,02 ^{bc} | 0,93 ± 0,01 ^{a, x} | 0,08 ± 0,00 ^{bc} | 0,91 ± 0,00 ^{a, z} |
| Z. Blanca | 0,10 ± 0,02 ^{bc} | 0,95 ± 0,01 ^{b, x} | 0,13 ± 0,04 ^{bc, x} | 0,96 ± 0,01 ^{b, y} | 0,07 ± 0,01 ^{bc} | 0,93 ± 0,00 ^{b, x} | 0,07 ± 0,01 ^{bc} | 0,94 ± 0,01 ^{b, z} |
| Chocho | 0,16 ± 0,01 ^d | 0,95 ± 0,00 ^{b, x} | 0,25 ± 0,01 ^{d, x} | 0,97 ± 0,00 ^{b, y} | 0,14 ± 0,03 ^d | 0,95 ± 0,01 ^{b, x} | 0,14 ± 0,01 ^d | 0,94 ± 0,01 ^{b, z} |
| Camote | 0,10 ± 0,04 ^c | 0,93 ± 0,00 ^{b, x} | 0,16 ± 0,05 ^{c, x} | 0,96 ± 0,01 ^{b, y} | 0,08 ± 0,01 ^c | 0,95 ± 0,01 ^{b, x} | 0,10 ± 0,03 ^c | 0,95 ± 0,01 ^{b, z} |

Diferentes letras (a, b, c, d, e, f) indican diferencia significativa entre muestras y diferentes letras (x, y, z) indican diferencia significativa entre temperaturas de las muestras

Tabla 6.- Capacidad de retención de agua a diferentes temperaturas (50 – 80°C) de las muestras.

| Muestra | CRA (%) | | | |
|------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| | 50 °C | 60 °C | 70 °C | 80 °C |
| Oca | 4,40 ± 0,28 ^{a, w} | 10,50 ± 0,73 ^{a, x} | 10,60 ± 0,59 ^{a, y} | 14,10 ± 0,68 ^{a, z} |
| Mashua | 5,00 ± 0,31 ^{d, w} | 7,30 ± 0,90 ^{d, x} | 8,40 ± 0,21 ^{d, y} | 8,60 ± 0,35 ^{d, z} |
| P China | 6,20 ± 0,36 ^{de, w} | 6,40 ± 0,15 ^{de, x} | 7,50 ± 0,35 ^{de, y} | 11,40 ± 0,70 ^{de, z} |
| Achira | 4,60 ± 0,47 ^{b, w} | 8,20 ± 0,52 ^{b, x} | 11,10 ± 0,21 ^{b, y} | 13,30 ± 0,25 ^{b, z} |
| Z. Blanca | 4,60 ± 0,46 ^{e, w} | 8,00 ± 0,49 ^{e, x} | 8,80 ± 0,27 ^{e, y} | 11,60 ± 0,35 ^{e, z} |
| Chocho | 3,40 ± 0,10 ^{f, w} | 5,20 ± 0,36 ^{f, x} | 4,90 ± 0,76 ^{f, y} | 4,30 ± 0,90 ^{f, z} |
| Camote M | 4,90 ± 0,30 ^{c, w} | 5,80 ± 0,21 ^{c, x} | 6,30 ± 0,51 ^{c, y} | 5,20 ± 0,94 ^{c, z} |

Diferentes letras (a, b, c, d, e, f) indican diferencia significativa entre muestras y diferentes letras (w, x, y, z) indican diferencia significativa entre temperaturas de las muestras

.3.5 Propiedades funcionales

Los resultados de capacidad de retención de agua de las diferentes harinas (Tabla 6) presentaron variaciones entre 3,40 a 6,20 % a 50°C; 5,20 a 10,50 % a 60°C; 4,90 – 11,10% a 70°C y 4,30 a 14,10 a 80°C, evidenciando diferencia significativa ($p < 0.05$). Los datos obtenidos para las muestras de Oca y Achira presentan los valores más altos (14,10 % y 13,30 % a 80°C respectivamente), esto puede estar relacionado con la composición química de las harinas, principalmente al elevado contenido de carbohidratos, fibra dietética, interacción entre agua - proteína y la naturaleza higroscópica de las harinas (contenido de almidón y proteína) (Traynham et al., 2013). De igual manera, Agama-Acevedo et al. (2009); Lalaleo (2017) & Takeuchi & Nagashima (2011) mencionan que las proteínas y los carbohidratos impiden la difusión del agua en los gránulos de almidón, debido a que las cadenas laterales polares que establecen un fuerte enlace de hidrógeno formando una red que limita el hinchazón del almidón. Según Torres et al. (2005), las propiedades funcionales pueden aumentar cuando los gránulos de almidón han sufrido daños debido a la acción de energía mecánica y temperaturas elevadas ($>60^\circ$) provocando la liberación y unión de grupos hidrófilos con el agua. Por otra parte, las muestras de Chocho y Camote Morado presentan una ligera disminución a temperaturas de 70 y 80 °C. Valores similares a las muestras de harina de Chocho y Camote morado fueron reportados por Lalaleo (2017) en muestras de harina de banano y banano más cáscara (5%) a 80 °C y Sahni & Shere (2017) en harina de pulpa de manzana (3,05%), zanahoria (4,11%) y remolacha (4,34%).

Así mismo, los resultados de factor de hinchamiento de las diferentes harinas (Tabla 5) presentaron variaciones entre 0,04 a 0,16 u.a (50 °C); 0,06 a 0,32 u.a (60 °C); 0,06 a 0,15 u.a (70 °C) y 0,05 a 0,14 u.a (80 °C), por lo que el análisis estadístico evidencia diferencia significativa ($p < 0.05$). Los valores de las muestras de Chocho y Papa China presentaron valores más elevados (0,25 y 0,32 u.a) a 60 °C, siendo inferiores a los reportados por Ahmad et al. (2016) en muestra de harina de trigo y harina de trigo con incorporación de harina de zanahoria (1,27 – 1,39 u.a), esto valores podrían atribuirse a que la amilopectina, las pequeñas cantidades de carbohidratos como el almidón y las uniones del agua con las proteínas solubles están íntimamente relacionada con la capacidad de hinchamiento, siendo fundamental para la preparación de alimentos viscosos (sopas, salsas, masas y productos horneados) (Aguilera, 2009; Sangronis, 2004). Por otra parte, Bernabé & Cancho (2017) mencionan que la fibra también favorece a la absorción del agua durante la cocción.

Los resultados de solubilidad se muestran en la Tabla 5, las muestras de harina de Achira y Oca presentan diferencia significativa ($p < 0.05$). Las muestras de harina de Achira y Oca presentan los valores más bajos (0,94%), debido probablemente al contenido de carbohidratos, en vista que ciertos componentes del almidón, en especial la amilosa se solubiliza con facilidad

en agua permitiendo la aplicación en tratamientos que requieran gelatinización, dextrinización y solubilización de almidón ((Bezerra et al., 2013; Kotze, 2009; Lalaleo, 2017).

Con respecto al contenido de almidón, los resultados presentaron una variación entre 0,6 a 12,5 g/100g, encontrándose diferencia significativa ($p < 0.05$) como se observa en la Fig. 11A. Los valores obtenidos en muestras de harina de cultivos andinos son similares a los reportados por Moorthy (2001) en tubérculos frescos de zanahoria blanca (20%) y diferentes en tubérculos fresco de papa china (12 - 20%), camote (12 -30%) y oca (12%), por lo que pueden estar relacionadas con las características genotípicas, factores climáticos y ambientales y estado de maduración (Souza, 2010). Por otra parte, el contenido de amilosa en las muestras de harinas de cultivos andinos (Fig. 11B) evidenciaron diferencia significativa ($p < 0.05$), debido a que las muestras oscilaron entre 10,5 a 43,6 %. Los resultados de harina de mashua presentaron los valores más elevados (43,6%) a los reportados por Badui & Badui (2006); Coultate (1998); Hermosa (2013) presentaron resultados similares en almidón de mashua (27%) y oca (29%), valores que podrían deberse a factores genéticos (Moorthy, 2001).

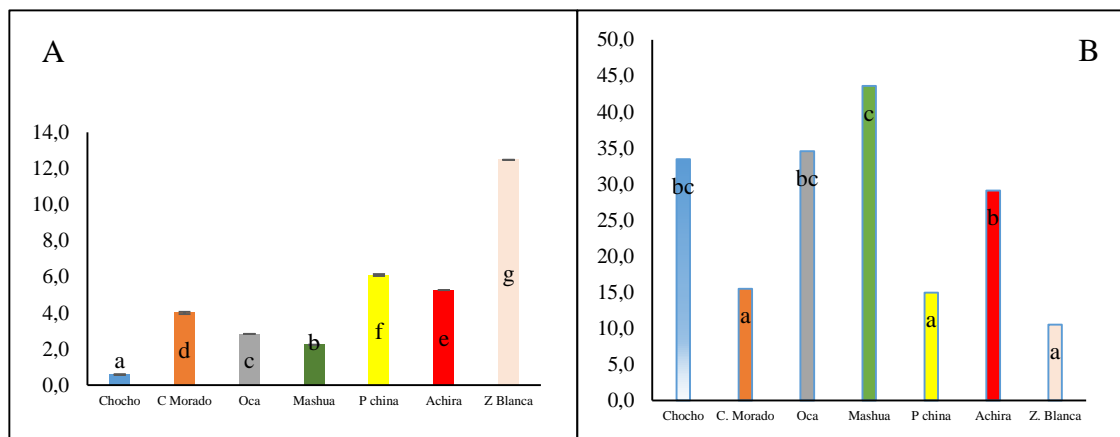


Fig. 11. Porcentaje (%) de almidón y amilosa en las muestras de harina de RTA. Diferentes letras (a, b, c, d, e, f) indican diferencia significativa entre muestras.

3.6 Microscopia óptica

La morfología estructural de las harinas de raíces y tubérculos andinos se muestra en la Fig. 12, los gránulos de almidón de las muestras de Achira y Oca tienen formas ovoideas y ovoideas irregulares respectivamente, la muestra de harina de Papa China tiene los gránulos dañados debido a la ruptura de los puentes de hidrogeno en las zonas amorfas a bajas temperaturas (55°C) (Li et al., 1995), y las muestras restantes tienen formas esféricas irregulares.

Características similares fueron reportadas por Espín et al. (1999) en muestras de Oca y Melloco (ovooidal), Papa (oval -esférico), Zanahoria Blanca y en Mashua (esférico). Hermosa (2013)

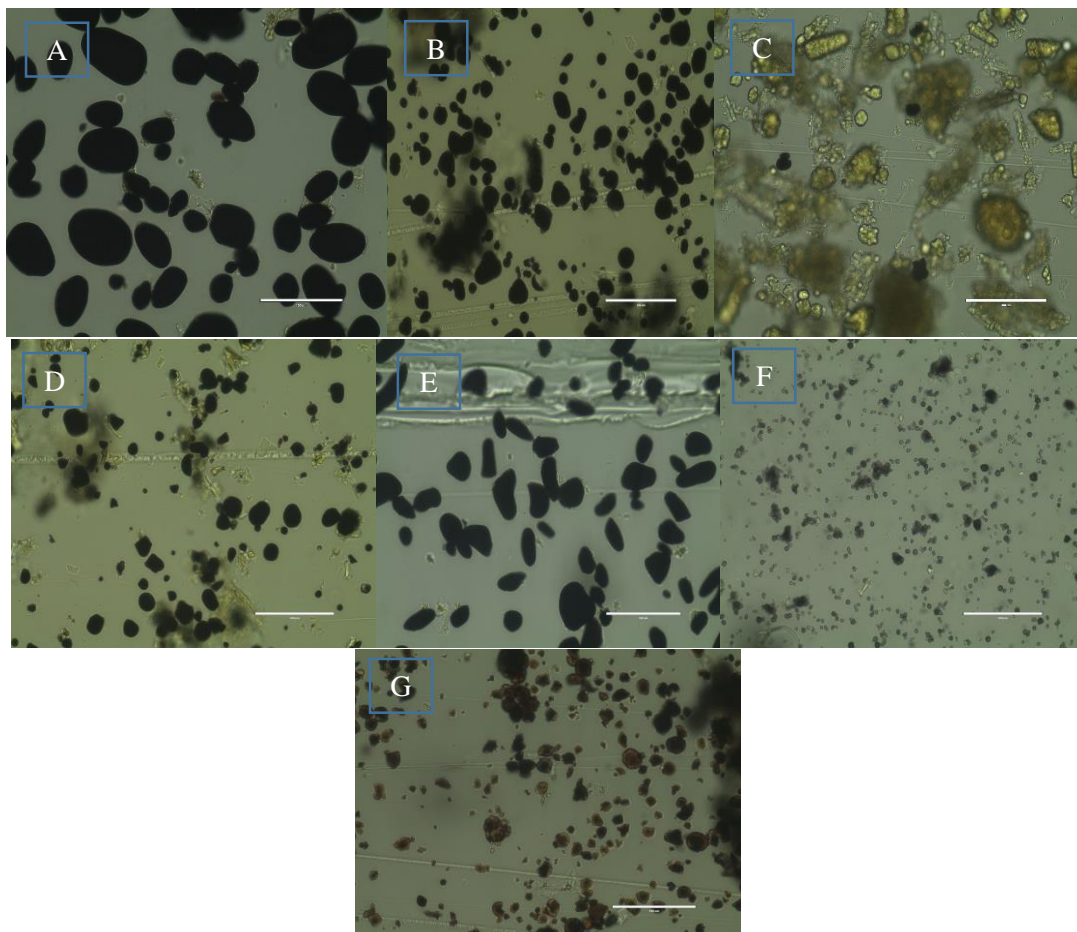


Fig. 12.- Imágenes obtenidas a través de un microscopio Evos de las muestras de harina las raíces y tubérculos andinos: Achira (A), camote morado (B), chocho (C), mashua (D), oca (E), papa china (F), zanahoria blanca (G).

3.7 Calorimetría diferencial de barrido (DSC)

Los termogramas de las diferentes muestras de harina de cultivos andinos se muestran en la Fig. 13. Los picos endotérmicos característicos para cada muestra de harina, así como transiciones de fase del almidón pueden ocurrir por absorción o eliminación de calor las mismas que aparecen a temperaturas entre 68°C a 81°C (Lalaleo, 2017).

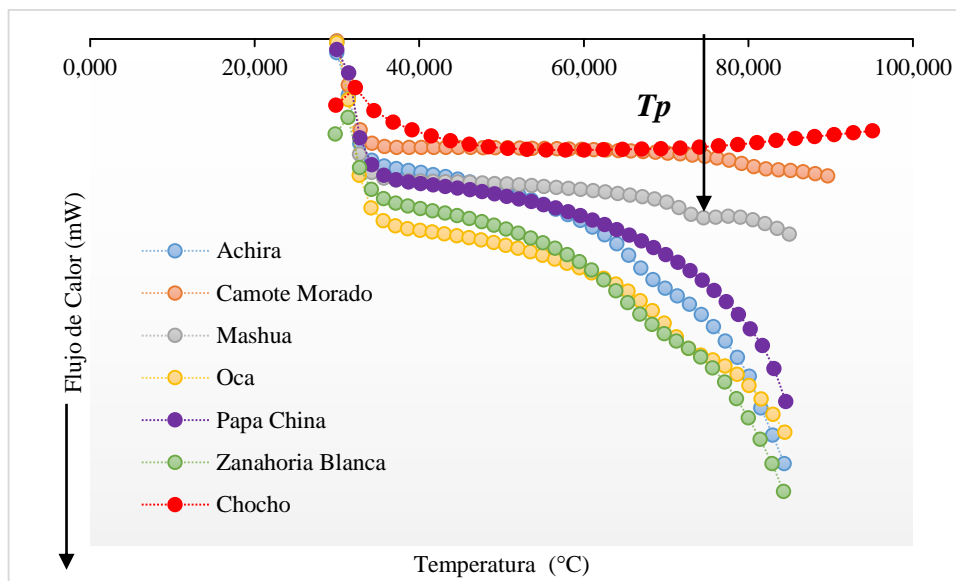


Fig. 13.- Termogramas de las diferentes harina de cultivos andinos.

Con respecto a la variación de entalpía (ΔH), los resultados más elevados corresponden a la muestra de Mashua, posiblemente sea por el impedimento en el hinchazón y la gelatinización completa del almidón dentro del tejido por la presencia de material celular (González, 2018). Se conoce que el almidón no es el principal componente de los cultivos andinos, sino también existe la presencia de otros componentes como materiales de la pared celular, proteínas, pectinas, entre otros que puede influir en la medición (Wang & Copeland, 2012). Por otro lado, en las muestras de Papa China y Chocho no se observa transición de fase, para el caso de la Papa China es posible que el almidón se hubiese gelatinizado en el proceso de secado, según Torres (2013) menciona que la temperatura de gelificación es de 55 °C, mientras que en la muestra de Chocho la ausencia transición de fase con respecto al almidón puede atribuirse a la baja cantidad de almidón (0.6%) (Wright & Boulter, 1980). Valores similares reportaron Zhu et al. (2018) y Espinoza (2019) en muestras de almidón de Papa China (9,72 J/g – 17,28 J/g), González (2018) en almidón de papa (15,8 J/g) almidón de Oca (9,7 J/g) y almidón de Mashua (9,8 J/g), Lalaleo (2017) en harina de Banano (20,69 J/g) y harina de Banano más corteza (32,20 J/g) y Jane et al (1999) en Camote (12,9 J/g)

En cuanto a los resultados de las temperaturas de gelatinización se observó diferencia significativa ($p < 0,05$), los valores de Camote Morado mostraron valores más altos (81,5 °C) a diferencia de las otras muestras, según Le-Bail (2018), Gunaratne & Hoover (2002); Zhu et al. (2018) existen muchos factores que pueden influir en los parámetros de retrogradación (ΔH , T_o , T_p , T_f), la fuente botánica, la estructura de la amilopectina, arquitectura de la región cristalina_(distribución de las cadenas cortas de amilopectina DP 6-11), composición del almidón (relación amilosa/amilopectina, cadenas de complejo lípido - amilosa y contenido de

fósforo). Además, Polesi (2009) y Lalaleo (2017) mencionan que un mayor contenido de almidón y fibra, principalmente a la presencia de corteza, permiten que la degradación de los gránulos de almidón se realice a una mayor temperatura. Valores similares se reportan Cerón et al (2016) en harina de quinua (57,7 – 77,4 °C), Lalaleo (2017) en harina de banano (75,5 °C) y harina de banano más corteza (75,16 °C), Cari (2018) en Almidón de semillas de lúcumá (67,72°C), Ai & Jane (2018) en Almidón de papa (62,6 °C), Hernández et al (2008) en almidón de Camote (61,3°C), Conrado (2018) en Camote fresco (71,81 °C), Oca fresca (62,72 °C), Mashua fresca (63,32 °C).

3.8 Análisis de Viscosidad

Los perfiles obtenidos del módulo de almacenamiento (elástico) (G'), módulo de pérdida (viscoso) (G'') y tangente de pérdida ($\tan \delta$) en función de la frecuencia angular (rad/s) se presentan en la Fig. 14, mismos que clasifican a todas las masas estudiadas como fluidos viscoelásticos en vista que los valores del desfase existente entre el esfuerzo y la deformación están en el rango de 0 a 90° con predominio de las propiedades elásticas sobre las viscosas. (Chang et al. (2004) mencionan que las propiedades elásticas pueden estar atribuidas a la asociación intermolecular de las cadenas lixiviadas de los gránulos de almidón. Por otra parte, en los valores de la tangente del ángulo de las pérdidas módulos de almacenamiento y pérdida se observa que aumentan con el incremento de la frecuencia angular, además se observa un ligero aumento en función de la frecuencia excepto la muestra de papa china. Así mismo, las muestras de harina achira, chocho, zanahoria blanca, camote morado y mashua presentan valores superiores en el módulo de almacenamiento (G') con respecto al módulo de pérdida (G''), lo que indica que el sistema desarrolla cierto nivel estructural (geles débiles o soluciones altamente concentradas) cuando se encuentra en estado en reposo (Fernández, 2008); sin embargo en las muestras de Papa China y Oca ocurre lo contrario, probablemente debido a la gelatinización que sufrió el almidón en el proceso de secado y a frecuencias angulares superiores a 39,8 rad/s. Además, estos eventos pueden estar relacionados a la adición de sacarosa, ya que según Mitchell (2008) y Silva (2019) esta actúa como agente ligante, plastificante y suavizante siendo ideal para productos de panadería y pastelería. Estudios realizados por Ahmed & Ramaswamy (2006); Fasina et al. (2003); Fernández (2008); Ma & Barbosa (1997); Rosalina & Bhattacharya (2002) en puré de batata, potitos infantiles a base de batata y geles de almidón modificado observan un comportamiento de gel débil que corresponde con un tipo de fluido tipo pseudoplástico.

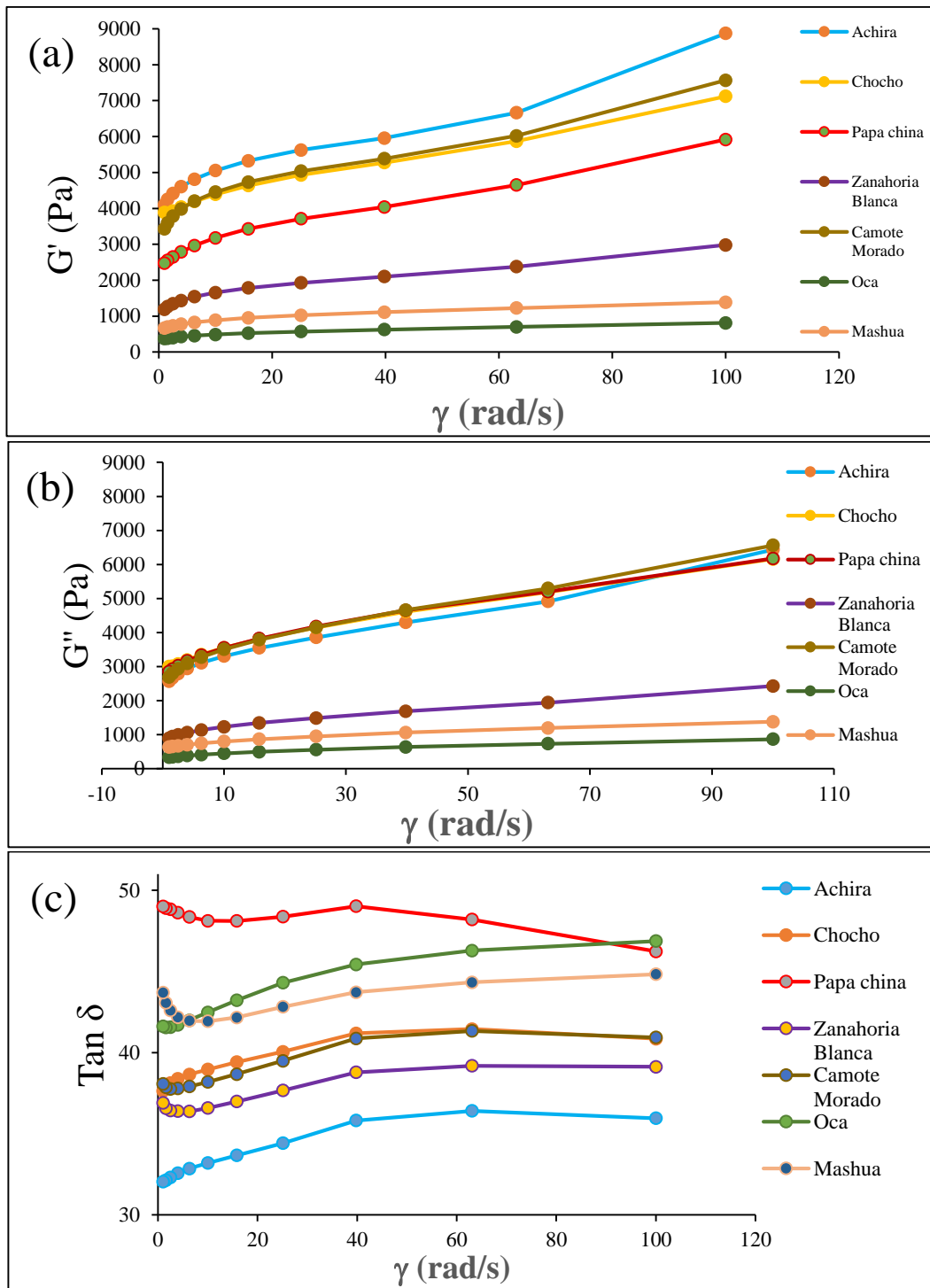


Fig. 14.- (a) Módulo de almacenamiento G' , (b) módulo de pérdida G'' y (c) $\tan \delta$, en función de la frecuencia angular

3.9 Propiedades bioactivas

Los resultados obtenidos de los compuestos fenólicos y actividad antioxidante en las muestras de harina de cultivos andinos se muestran en la Fig. 15, los resultados permiten establecer diferencia significativa ($p < 0.05$). Con respecto al contenido de fenoles, los valores presentan una variación de entre 6,5-60,8 μg Acido Gálico (AG)/g de muestra, la harina de Mashua posee los valores más elevados (60,8 μg AG/g de muestra), lo cuales difieren a lo reportado por Catunta (2016) en muestras frescas de mashua (128 -146 mg AG/100g), los valores encontrados podrían atribuirse a la presencia de flavonoides, ácidos fenólicos y taninos, a su vez, estos componentes pueden ser influenciados por el estado óptimo de madurez del tubérculo y efectos del calor en el proceso de secado (Doylet & Rodríguez, 2018; Rodríguez et al., 2017). Por otra parte, los valores de actividad antioxidante muestran que la harina de Chocho presenta los valores más elevados en comparación con las restantes harinas (19,20 μg trolox/g de muestra), los resultados podrían ser atribuidos a la presencia de flavonoides, siendo el principal componente antioxidante en esta muestra (Martínez et al., 2002; Villacrés et al., 2016). A su vez, los datos en harina de Mashua difieren a los reportados por Catunta (2016) en muestras de mashua deshidratadas osmóticamente (163 μmol trolox equivalente/g), sin embargo, es importante señalar que las diferencias reportadas se deben a la variedad del cultivo analizada, ya que, el autor reporta valores superiores en mashua negra (175 μmol trolox equivalente/g).

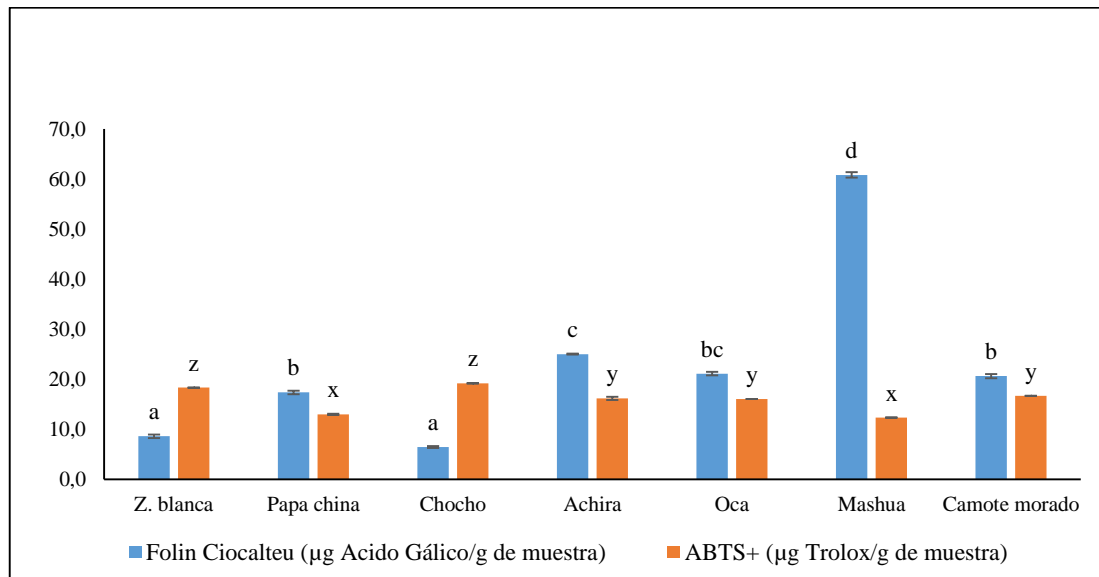


Fig. 15.-Compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de las diferentes muestras de cultivos andinos

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

- En la composición química de las muestras de harina de tubérculos andinos se observa que las proporciones de almidón, proteína y fibra son los principales parámetros que determinan su calidad, comportamiento reológico y aplicación.
- La acidez de las harinas de cultivos andinos la Mashua mostró valores superiores atribuibles a su elevado contenido de ácido ascórbico y ácido oxálico. Por otra parte, en el ensayo de pH se observa a la muestra de Camote Morado y Mashua muestran los valores más bajos posiblemente atribuido a la presencia de ácidos tales como ácido ascórbico, oxálico, málico, quínico succínico y fórmico.
- Los valores más elevados de densidad aparente presentaron las muestras de Oca y Chocho ($0,71$ y $0,47$ g/cm³), relacionado principalmente al contenido de fibra, lo que altera la densidad de la matriz polimérica, así mismo, el tamaño de partícula ya que densidades altas estará asociadas con partículas más finas.
- Según la escala CIELab las muestras son claras, ubicándose en la zona de los amarillos intensos y con tonos ligeramente desplazados a la zona de los naranjas debido al efecto de las reacciones de Maillard y caramelización producidas por la presencia de azúcares reductores y aminoácidos que ocurren en el proceso de deshidratación.
- El análisis granulométrico indicó mayores porcentajes de retención en el tamiz 40 mesh a diferencia de la muestra de Achira que se retiene a 325 mesh. Por otra parte, el módulo de finura clasifica a las harinas de cultivos andinos como medianas, debido probablemente al proceso de molienda y la presencia de estructuras fibrosas (celulosa, hemicelulosa, lignina, pectinas entre otras.).
- La mayor capacidad de retención de agua se observó en las muestras de Oca y Achira, por otra parte, estas harinas se reportan los resultados más bajos de solubilidad. Así mismo, los valores más elevados de factor de hinchamiento fueron en las muestras de Chocho y Papa China, debido al contenido elevado de carbohidratos, fibra dietética, interacciones agua-proteína y naturaleza higroscópica de las harinas (contenido de almidón y proteína).
- La morfología estructural de las harinas de cultivos andinos presentó formas ovoides (Achira), ovoides irregulares (Oca) y esféricas irregulares (Zanahoria Blanca, Camote Morado, Chocho, Papa China y Mashua).
- La gelatinización del almidón presente en las muestras de harina de cultivos andinos osciló entre $63,4$ a $81,5$ °C. Se observó que los valores de entalpia y temperatura están relacionados con el proceso de gelatinización y se ven afectados por el contenido y composición del almidón, la estructura de la amilopectina y el

contenido de fibra. Por otra parte, la muestra de Chocho no presenta transición de fase lo que puede atribuirse a la baja cantidad de almidón en la harina. Así mismo, la harina de Papa China no presenta transición de fase debido a que presenta una baja temperatura de gelatinización (55°C).

- Las muestras presentaron un comportamiento visco-elástico con predominio de las propiedades elásticas sobre las viscosas. Además, se presentan valores superiores en el módulo de almacenamiento (G') con respecto al módulo de pérdida (G''), lo que indica que el sistema desarrolla un gel débil en las muestras de harina de Camote Morado, Achira, Zanahoria Blanca y Mashua, mientras que las muestras de Oca y Papa China desarrollan un gel verdadero debido a la asociación intermolecular de las cadenas lixiviadas de los gránulos de almidón, ya que, sufren daños por acción de energía mecánica y temperaturas elevadas ($>60^\circ$) provocando la liberación y unión de grupos hidrófilos con el agua, mismo que está relacionado la capacidad de retención de agua.
- Para la cuantificación de fenoles totales, se obtuvo un mayor rendimiento de compuestos fenólicos en las muestras de harina de Mashua (60,8 $\mu\text{g AG/g}$ de muestra), por la presencia de flavonoides, ácidos fenólicos y taninos, esta característica es de gran importancia debido a que ayudan a contrarrestar enfermedades como anemia, leucemia, hipertensión, diabetes, actividad antitumoral y antibacterial.
- Para la cuantificación de capacidad antioxidante se obtuvo que la muestra de harina de Chocho presenta los valores más elevados (19,20 $\mu\text{g trolox/g}$ de muestra), por la presencia de flavonoides.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abel, C., & Busia, K. (2005). An exploratory ethnobotanical study of the practice of herbal medicine by the Akan peoples of Ghana. *Alternative Medicine Review*, 10(2).
- Aboubakar, Njintang, Y. N., Scher, J., & Mbofung, C. M. F. (2008). Physicochemical, thermal properties and microstructure of six varieties of taro (*Colocasia esculenta* L. Schott) flours and starches. *Journal of Food Engineering*, 86(2), 294–305. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.10.006>
- Acuña, O., & Caiza, J. (2010). Obtención de hidrolizado enzimático de proteína de chocho (*lupinus mutabilis*) a partir de harina integral. *Revista Politécnica*, 29(1). <https://doi.org/10.33333/RP.V29I1.274>
- Agama-Acevedo, E., Islas-Hernandez, J. J., Osorio-Díaz, P., Rendón-Villalobos, R., Utrilla-Coello, R. G., Angulo, O., & Bello-Pérez, L. A. (2009). Pasta with Unripe Banana Flour: Physical, Texture, and Preference Study. *Journal of Food Science*, 74(6), S263–S267.
- AGBOR-EGBE, T., & RICKARD, J. E. (1991). Study on the factors affecting storage of edible aroids. *Annals of Applied Biology*, 119(1), 121–130. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1991.tb04850.x>
- Aguado, B. (2017). INFLUENCIA DEL TIEMPO DE SOLEADO SOBRE LA CONCENTRACIÓN DE AZÚCARES REDUCTORES Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE LA MASHUA (*tropaeolum tuberosum*) ECOTIPO NEGRA (Universidad Nacional de Huancavelica). Retrieved from <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/2324>
- Aguilera, G. (2009). *Harinas de leguminosas deshidratadas: Caracterización nutricional y valoración de sus propiedades tecnofuncionales. Tesis doctoral.*
- Ahmad, M., Wani, T. A., Wani, S. M., Masoodi, F. A., & Gani, A. (2016). Incorporation of carrot pomace powder in wheat flour: effect on flour, dough and cookie characteristics. *Journal of Food Science and Technology*, 53(10), 3715–3724. <https://doi.org/10.1007/s13197-016-2345-2>
- Ahmed, J., & Ramaswamy, H. S. (2006). Viscoelastic properties of sweet potato puree infant food. *Journal of Food Engineering*, 74, 376–383.
- Ai, Y., & Jane, J. (2018). Understanding Starch Structure and Functionality. *Starch in Food*, 151–178. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100868-3.00003-2>
- Aina, A. J., Falade, K. O., Akingbala, J. O., & Titus, P. (2009). Physicochemical properties of twenty-one Caribbean sweet potato cultivars. *International Journal of Food Science & Technology*, 44(9), 1696–1704. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2009.01941.x>
- Alkarkhi, A. F. M., Ramli, S., Yong, Y. S., & Easa, A. M. (2011). Comparing physicochemical properties of banana pulp and peel flours prepared from green and

- ripe fruits. *Food Chemistry*, 129(2), 312–318.
<https://doi.org/http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.04.060>
- Alvídrez, A., González, B., & Jiménez, Z. (2002). TENDENCIAS EN LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS: ALIMENTOS FUNCIONALES. *RESPYN*, 3, 1–6.
- Avirutnant, W., & Pongpan, A. (1983). The antimicrobial activity of some Thai flowers and plants. *Mahidol University Journal of Pharmacological Sciences*, 10, 81–86.
- Ayala, G. (2004). RAICES ANDINAS Contribuciones al conocimiento y a la capacitación. *Universidad Nacional Mayor de San Marcos*, 12. Retrieved from http://quinua.pe/wp-content/uploads/2013/08/07_Aporte_cultivos_andinos_nutric_human.pdf
- Badui, S., & Badui, D. (2006). *Química de los alimentos* (Cuarta). Retrieved from www.pearsoneducacion.net
- Baguma, Y., Sun, C., Ahlandsberg, S., Mutisya, J., Palmqvist, S., Rubaihayo, P. R., ... Jansson, C. (2003). Expression patterns of the gene encoding starch branching enzyme II in the storage roots of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). *Plant Science*, 164(5), 833–839. [https://doi.org/10.1016/S0168-9452\(03\)00072-4](https://doi.org/10.1016/S0168-9452(03)00072-4)
- Baldeón, M. T., De la Cruz, F. S., & Baldeón, M. T. (2008). Estudio de factibilidad para industrialización y comercialización de la harina de arracacha. *Universidad Ricardo Palma*. Retrieved from <http://cybertesis.urp.edu.pe/handle/urp/185>
- Barbosa, G., Ortega, E., Juliano, P., & Yan, H. (2005). *Food Powders: Physical Properties, Processing, and Functionality*. United States of America: Kluwer Academic/Plenum.
- Barreiro, J., & Sandoval, A. (2006). Operaciones de conservación de alimentos por bajas temperaturas. In *Equinoccio* (2da reimpr). Caracas.
- Barreiro, JA, & Sandoval, A. (2006). *Operaciones de conservación de alimentos por bajas temperaturas* (2da reimpr; Equinoccio, Ed.). Venezuela.
- Barrera, V. H. (2004). *Raíces y tubérculos andinos : alternativas para la conservación y uso sostenible en el Ecuador*. Retrieved from https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=wu-b2_m8WVYC&oi=fnd&pg=PR7&dq=raices+y+tuberculos+andinos&ots=6e9mPVxgDL&sig=L-IMBZzPt_ijRlKLxOCgLF4qNEw#v=onepage&q=raices+y+tuberculos+andinos&f=false
- Bedolla, S., & Rooney, L. (1984). Characteristics of U.S. and Mexican instant maize flours for tortilla and snack preparation. *Cereal Foods World*, (32), 372–375.
- Bello, J. (2008). *Ciencia bromatológica, principios generales de los alimentos* (E. D. de S. S.A., Ed.). Madrid.
- Bernabé, Y., & Cancho, F. (2017a). Caracterización fisicoquímica, fitoquímica y

- funcional de la harina de Khaya y Oca (*Oxalis tuberosa*) para uso industrial. *Universidad Nacional Del Centro Del Perú*. Retrieved from <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/1221>
- Bernabé, Y., & Cancho, F. (2017b). Caracterización fisicoquímica, fitoquímica y funcional de la harina de Khaya y Oca (*Oxalis tuberosa*) para uso industrial. *Universidad Nacional Del Centro Del Perú*. Retrieved from <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/1221>
- Bernabé, Y., & Cancho, F. (2017c). Caracterización fisicoquímica, fitoquímica y funcional de la harina de Khaya y Oca (*Oxalis tuberosa*) para uso industrial. *Universidad Nacional Del Centro Del Perú*. Retrieved from <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/1221>
- Bezerra, C. V., Amante, E. R., de Oliveira, D. C., Rodrigues, A. M. C., & da Silva, L. H. M. (2013). Green banana (*Musa cavendishii*) flour obtained in spouted bed – Effect of drying on physico-chemical, functional and morphological characteristics of the starch. *Industrial Crops and Products*, 41, 241–249. <https://doi.org/10.1016/J.INDCROP.2012.04.035>
- Bonete, M., Urquizo, C., Guevara, R., Yáñez, P., Bolívar, S., & Fernández, J. (2016). *Estudio de cuatro tubérculos y raíces tuberosas no tradicionales. ESTUDIO DE CUATRO TUBÉRCULOS Y RAÍCES TUBEROSAS NO TRADICIONALES DE LA SIERRA CENTRO DE ECUADOR Y SU POTENCIAL DE USO EN PLATOS DE AUTOR*. 12, 37–67. Retrieved from https://www.unibe.edu.ec/wp-content/uploads/2017/08/03_12_BONETEetal_RTAs.pdf
- Cajamarca, E. (2010). *Evaluación nutricional de la oca (Oxalis tuberosa) fresca, endulzada y deshidratada en secador de bandejas*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Cari, M. (2018). Extracción y caracterización de almidón de las semillas de lúcumá (*Pouteria lúcumá*). *Universidad Peruana Unión*. Retrieved from <http://repositorio.upeu.edu.pe/handle/UPEU/701>
- Carrera, Y., Franco, E., & Quintero, R. (2019). Desarrollo y caracterización de panquecas a base de harina de trigo (*Triticum*) y harina de yuca (*Manihot esculenta*). *I+D Tecnológico*, 15, 24–29. <https://doi.org/10.33412/idt.v15.1.2094>
- Castillo, R. (1990). Andean crops in Ecuador: collecting, conservation and characterization. *Biodiversityinternational.Org*, 77. Retrieved from https://www.biodiversityinternational.org/fileadmin/_migrated/uploads/tx_news/Plant_Genetic_Resources_Newsletter_No_77.pdf#page=35
- Catunta, D. (2016). *EFFECTO DE LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA SOBRE LOS COMPUESTOS ANTIOXIDANTES EN DOS ACCESIONES DE MASHUA (Tropaeolum tuberosum R&P)*. UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO.
- Caya, R. (2009). *Efecto de secado en bandeja y atomización sobre la actividad antioxidante de la mashua (Tropaeolum tuberosum R y P)*. Lima, Perú.

- Cerón, L., Guerra, V., Legarda, A., Enríquez, M., & Pismag, Y. (2016). EFECTO DE LA EXTRUSIÓN SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE HARINA DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd) EFFECT OF EXTRUSION ON THE PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERISTICS OF QUINOA FLOUR (*Chenopodium quinoa* Willd) EFEITO DA EXTRUSÃO SOBRE AS CARACTERÍSTICAS. *Biología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14(2). [https://doi.org/10.18684/BSAA\(14\)92-99](https://doi.org/10.18684/BSAA(14)92-99)
- Chafra, A. (2012). *Utilización de harina de achira (Canna edulis) en la alimentación de pollos Broiler*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo., Riobamba - Ecuador.
- Chafra, A. L. (2014). *Utilización de tres niveles de harina de Achira (Canna edulis) en la alimentación de pollos Broiler*. Retrieved from <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4285>
- Chang, Y. ., Lim, S. ., & Yoo, B. (2004). Dynamic rheology of corn starch-sugar composites. *Journal of Food Engineering*, 64(4), 521–527.
- Chirinos, L., & Torres, W. (2017). Efecto hipoglucemiante de dos variedades de mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón): negra y amarilla en ratas wistar diabéticas inducidas por aloxano, Puno 2016 (Universidad Nacional del Altiplano). Retrieved from <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/7219>
- Collazos, Q. et al. (1975). *La composición de los alimentos Peruanos* (M. s S.- Lima, Ed.). Perú.
- Conrado, K. (2018). *Determinación de propiedades térmicas de oca (Oxalis tuberosa), jícama (Smallanthus sonchifolius), mashua (Tropaeolum tuberosum) y camote (Ipomoea batatas)*. Retrieved from <http://repo.uta.edu.ec/handle/123456789/29060>
- Contreras, B. (2009). Caracterización de harina de maíz instantánea obtenida por calentamiento óhmico.
- Cooperstone, J., & Schwartz, S. (2016). *Recent insights into health benefits of carotenoids* *Elvesier*. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-08-100371-8.00020-8>
- Corrales, P., & Erazo, B. (2011). “Influencia del almidón de achira (*canna edulis ker*) para elaboración de muffins adicionando leche (vaca, soya) y edulcorantes (Azúcar, Panela)” (Universidad Técnica del Norte). Retrieved from http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/553/2/03_AGI_244_TESIS.pdf
- Coultate, T. (1998). *Manual de Química y Bioquímica de los Alimentos* (2ª Ed.; E. A. S.A., Ed.). Zaragoza - España.
- Crosbie, G. B. (1991). The relationship between starch swelling properties, paste viscosity and boiled noodle quality in wheat flours. *Journal of Cereal Science*, 13(2), 145–150. [https://doi.org/10.1016/S0733-5210\(09\)80031-3](https://doi.org/10.1016/S0733-5210(09)80031-3)
- Di Noia, J., & Contento, I. (2010). Fruit and vegetable availability enables adolescent consumption that exceeds national average. *Nutrition Research*. <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2010.06.008>

- Doylet, R., & Rodriguez, L. (2018). *Estudio comparativo de la composición química y carácter reductor de dos variedades de Tropaeolum tuberosum (Ruíz y Pavón, Kuntze) Mashua*. Universidad de Guayaquil.
- Egan, H., Kirk, R., & Sawyer, R. (1981). *Análisis Químico de Alimentos*. México: C.E.C.S.A.
- Eleazu, C. O. (2016). Characterization of the natural products in cocoyam (*Colocasia esculenta*) using GC–MS. *Pharmaceutical Biology*, 54(12), 2880–2885. <https://doi.org/10.1080/13880209.2016.1190383>
- Eleazu, Chinedum Ogonnaya, Eleazu, K. C., & Iroaganachi, M. A. (2016). Effect of cocoyam (*Colocasia esculenta*), unripe plantain (*Musa paradisiaca*) or their combination on glycated hemoglobin, lipogenic enzymes, and lipid metabolism of streptozotocin-induced diabetic rats. *Pharmaceutical Biology*, 54(1), 91–97. <https://doi.org/10.3109/13880209.2015.1016181>
- Emmanuel, N. (2010). Ethno medicines used for treatment of prostatic disease in Foumban, Cameroon. *Afr J Pharm Pharmacol*, (4), 783–805.
- Espín, S. (2001). Composición química, valor nutricional y usos potenciales de siete especies de raíces y tubérculos andinos. *SENACYT-FUNDACYT*, 1, 63. Retrieved from <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/handle/28000/1045>
- Espín, S., Brito, B., Villacrés, E., Rubio, A., Nieto, C., & Grijalva, J. (1999). *Composición química, valor nutricional y usos potenciales de siete especies de raíces y tubérculos andinos*. Ambato-Ecuador.
- Espinoza, R. (2012). *Relación entre el contenido de fósforo y algunas propiedades térmicas y reológicas en almidón de papa nativa de Chiloé*. Universidad Austral de Chile.
- Estrada, A., Bello, L., Martínez, C., Montañez, J., Jiménez, J., & Vivar, M. (2009). Producción enzimática de maltodextrinas a partir de almidón de malanga (*Colocasia esculenta*). *CyTA - Journal of Food*, 7(3), 233–241. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/19476330903091300>
- Falade, K., & Oyeyinka, S. (2014). Color, chemical and functional properties of plantain cultivars and cooking banana flour as affected by drying method and maturity. *Food Processing and Preservation*, 1–13.
- Fasina, O. ., Walter, W. M. J., Fleming, H. P., & Nada Simunovic, N. (2003). Viscoelastic properties of restructured sweetpotato puree. *International Journal of Food Science and Technology*, 38, 421–425.
- Fennema, O. (2000). *Química de los alimentos* (E. A. Ed., Ed.). España.
- Fernández, B., Guerra, E., & García, B. (1999). Browning indicators in model systems and baby cereals. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47, 2872–2878.
- Fernández, C. (2008). *CARACTERIZACIÓN REOLÓGICA Y OPTIMIZACIÓN DE LA*

TEXTURA DE PURÉS DE PATATA FRESCOS Y CONGELADOS. EFECTOS DEL PROCESO Y ADICION DE CRIOPROTECTORES. UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID.

- Glorio, P., Bello, L., Salas, F., & Buleje, E. (2009). Características viscoelásticas y estimaciones de masas moleculares en almidón de oca (*Oxalis tuberosum*). In *Revista de la Sociedad Química del Perú* (Vol. 75). Retrieved from http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1810-634X2009000200014&script=sci_arttext&tlng=pt
- Gonzales, P., Kofer, W., Huaranca, T., Vivanco, F., Arbizu, C., & Cosio, E. (2009). Crop protection by volatile organic compounds from mashua: what we can learn from ancient agricultural techniques. In *Tropical roots and tubers in a changing climate. A critical opportunity for the world conference. Lima, Perú. International Potato Centre (CIP), International Society for Tropical Root Crops (ISTRIC) and UNALM.*
- González, X. (2018). *Influencia del pH del agua y tiempo de cocción sobre la textura, gelatinización y retrogradación de la papa (Solanum tuberosum), mashua (Tropaeolum tuberosum), oca (Oxalis tuberosa) y melloco (Ullucus tuberosus).* Universidad Técnica de Ambato.
- Gross, R., Koch, F., Malaga, I., de Miranda, A. F., Schoeneberger, H., & Trugo, L. C. (1989). Chemical composition and protein quality of some local Andean food sources. *Food Chemistry*, 34(1), 25–34. [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(89\)90030-7](https://doi.org/10.1016/0308-8146(89)90030-7)
- Guerra, A. (2014). *Estudio de la utilización de la harina de mashua (Tropaeolum tuberosum) en la obtención del pan de molde.* UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL.
- Guevara, S. (2016). *Elaboracion y evaluacion nutricional de cupcake a base de harina de arveja (Pisum sativum) y harina de trigo (Triticum aestivum), para fortalecer la dieta diaria.* ESPOCH.
- GUJSKA, E., & KHAN, K. (1990). Effect of Temperature on Properties of Extrudates from High Starch Fractions of Navy, Pinto and Garbanzo Beans. *Journal of Food Science*, 55(2), 466–469. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1990.tb06788.x>
- Gunaratne, A., & Hoover, R. (2002). *Effect of heat-moisture treatment on the structure and physicochemical properties of tuber and root starches.* Memorial University of Newfoundland.
- Hasegawa, T., Nishino, H., & Iwashima, A. (1993). Isothiocyanates inhibit cell cycle progression of HeLa cells at G2/M phase. *Anti-Cancer Drugs*, 4(2), 273–279. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8490206>
- Haslinda, W., Cheng, L., Chong, L., & Noor Aziah, A. (2009). Chemical composition and physicochemical properties of green banana (*Musa acuminata* x *balbisiana* Colla cv. Awak) flour. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 232–239. <https://doi.org/http://doi.org/10.1080/09637480902915525>

- Hermann, M. (2009). The impact of the European Novel Food Regulation on trade and food innovation based on traditional plant foods from developing countries. *Food Policy*, 34(6), 499–507. <https://doi.org/10.1016/J.FOODPOL.2009.08.005>
- Hermosa, G. (2013). *Caracterización de almidones de dos tubérculos andinos: isaño (tropaeolum tuberosum R&P) y oca (oxalis tuberosa mol)* (Universidad Nacional del Altiplano). Retrieved from <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/3410>
- Hernández, M., Torruco, J., Chel, L., & Betancur, D. (2008). Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 28(3), 718–726. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612008000300031>
- Huang, D., Lin, C., Chen, H., & Lin, Y. (2004). Antioxidant and antiproliferative activities of sweet potato (*Ipomoea batatas* [L.] Lam “‘Tainong 57’”) constituents. *Bot Bull Acad Sin*, (45), 179–186.
- Hurtado, J., Ortiz, R., Rodriguez, G., & Dufour, D. (1997). Procesamiento de la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*). *Universidad Jorge Tadeo Lozano*, 25. Retrieved from http://ciat-library.ciat.cgiar.org/ciat_digital/CIAT/66893.pdf
- Ishida, H., Suzuno, H., Sugiyama, N., Innami, S., Tadokoro, T., & Maekawa, A. (2000). Nutritive evaluation on chemical components of leaves, stalks, and stems of sweet potatoes (*Ipomoea batatas* Poir). *Food Chem*, (68), 359–367.
- Jane, J., Chen, Y.Y., Lee, L.F., Mcpherson, A.E., Wong, K.S., Radosavljevic, M., Kasemsuwan, T. (1999). *Effects of amylopectin branch chain length and amylose content on the gelatinization and pasting properties of starch*. 76, 629–637.
- Jane, J.-L. (1993). Mechanism of Starch Gelatinization in Neutral Salt Solutions. *Starch - Stärke*, 45(5), 161–166. <https://doi.org/10.1002/star.19930450502>
- Jiménez, M., & Sammán, N. (2014). Caracterización química y cuantificación de fructooligosacáridos, compuestos fenólicos y actividad antirradical de tubérculos y raíces andinos cultivados en el noroeste de Argentina. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 64(2), 131–138. Retrieved from http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0004-06222014000200008&script=sci_arttext
- Juliano, B., & Bechtel, D. (1985). The rice grain and its gross composition. In *Rice: chemistry and technology*. (2 ed., pp. 17–57). Saint Paul.
- Jung, H., Chen, C., Sung, M., Wu, Y., Ko, P., & Tso, T. K. (2013). *Canna indica* L . attenuates high-glucose- and lipopolysaccharide-induced inflammatory mediators in monocyte / macrophage. *Journal of Ethnopharmacology*, 148(1), 317–321. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2013.04.037>
- Karam, L. B., Ferrero, C., Martino, M. N., Zaritzky, N. E., & Grossmann, M. V. E. (2006). Thermal, microstructural and textural characterisation of gelatinised corn, cassava

- and yam starch blends. *International Journal of Food Science & Technology*, 41(7), 805–812. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.01110.x>
- Kent, N. L. (1971). *Tecnología de los cereales* (Pergamon Press Ltd, Ed.). Oxford - Inglaterra.
- Kotze, L. M. da S. (2009). Celiac disease in Brazilian patients: associations, complications and causes of death. Forty years of clinical experience. *Arquivos de Gastroenterologia*, 46(4), 261–269. <https://doi.org/10.1590/S0004-28032009000400004>
- Kraithong, S., Lee, S., & Rawdkuen, S. (2017). Physicochemical and functional properties of Thai organic rice flour. *Journal of Cereal Science*. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2017.10.015>
- Kumawat, G., Chaudhari, S., Wani, N., Deshmukh, T., & Patil, V. (2010). Actidiabetic activity of ethanol extract of Colocasia esculenta leaves in alloxan induced diabetic rats. *Int Pharm Tech Res.*, 2, 1246–1249.
- Labuza, T., & Saltmarch, M. (1981). The nonenzymatic browning reaction as affected by water in foods. In: Water activity: Influence on Food Quality. *Academic Press*, 605–650.
- Lalaleo, D. (2017). “*Caracterización reológica de suspensiones elaboradas a partir harina y residuos de banano de rechazo*” (Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Carrera de Ingeniería en Alimentos.). Retrieved from <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/24739>
- Le-Bail, P., Hesso, N., & Le-Bail, A. (2018). Starch in baked products. In *Starch in food* (pp. 595–632). <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-08-100868-3.00015-9>
- Lebot, V. (2010). *Sweet Potato*. 97–125. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-92765-7>
- LII, C., SHAO, Y., & TSENG, K. (1995). Gelations mechanism and rheological of rice starch. *Cereal Chemistry*, 72(4), 393–400.
- Linares, E., Bye, R., Rosa, D., & Pereda, R. (2008). *El camote*. 11–15.
- Ma, L., & Barbosa, G. (1997). Viscoelastic properties of xanthan gels interacting with cations. *Journal of Food Science*, 64(6), 1124–1128.
- Madrigal, L., Hernández, J., Carranco, M., Calvo, M., & Casas, R. (2018). Caracterización física y nutricional de harina del tuberculo de malanga. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 68, 10.
- Martínez, S., González, J., Culebras, J., & Tuñon, M. (2002). Los flavonoides: propiedades y acciones antioxidantes. *Nutr. Hosp*, 17(6), 271–278.
- Matsuguma, L. S., Lacerda, L. G., Schnitzler, E., Carvalho, M. A. da S., Franco, C. M. L., & Demiate, I. M. (2009a). Characterization of native and oxidized starches of two

- varieties of Peruvian carrot (*Arracacia xanthorrhiza*, B.) from two production areas of Paraná state, Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 52(3), 701–713. <https://doi.org/10.1590/S1516-89132009000300022>
- Matsuguma, L. S., Lacerda, L. G., Schnitzler, E., Carvalho, M. A. da S., Franco, C. M. L., & Demiate, I. M. (2009b). Characterization of native and oxidized starches of two varieties of Peruvian carrot (*Arracacia xanthorrhiza*, B.) from two production areas of Paraná state, Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 52(3), 701–713. <https://doi.org/10.1590/S1516-89132009000300022>
- Medina, E., & Uscca, Y. (2018). “*ELABORACIÓN DE CUPCAKES A PARTIR DE HARINA DE MASHUA (Tropaeolum tuberosum), UTILIZANDO COMO AGENTES FERMENTADORES LEUDANTES QUÍMICOS.*” UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA.
- Meléndez, A., Vicario, I., & Heredia, F. (2004). Estabilidad de los pigmentos carotenoides en los alimentos. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 54, 209–215.
- Mesa, J. (2018). *Influencia del método de deshidratación (secado convectivo y tambor rotatorio) en las propiedades ópticas de papillas infantiles elaboradas con harina de papas nativas ecuatorianas (Solanum andígena)*. Universidad Técnica de Ambato.
- Miladinov, V. ., & Hanna, M. A. (2000). Starch esterification by reactive extrusion. *Elsevier Science*, 51–57.
- Mitchell, H. (2008). Sweeteners and sugar alternatives in food technology. *John Wiley & Sons*.
- Mohanraj, R., & Sivasankar, S. (2014). Sweet Potato (*Ipomoea batatas* [L.] Lam) - A Valuable Medicinal Food: A Review. *Journal of Medicinal Food*, 17(7), 733–741. <https://doi.org/10.1089/jmf.2013.2818>
- Montaldo, A. (2004). *Cultivos de Raíces y tubérculos tropicales*. (E. IICA, Ed.). Costa Rica.
- Moorthy, S. (2001). Tuber crop starches. *Tech. Bull*, 18.
- Morrison, W. R., & Laignet, B. (1983). An improved colorimetric procedure for determining apparent and total amylose in cereal and other starches. *J. Cereal Sci.*, 1, 9–20.
- Mukerjea, R., & Robyt, J. F. (2005). Starch biosynthesis: the primer nonreducing-end mechanism versus the nonprimer reducing-end two-site insertion mechanism. *Carbohydrate Research*, 340(2), 245–255. <https://doi.org/10.1016/J.CARRES.2004.11.010>
- Nascimento, A. C., Mota, C., Coelho, I., Gueifão, S., Santos, M., Matos, A. S., ... Castanheira, I. (2014). Characterisation of nutrient profile of quinoa (*Chenopodium quinoa*), amaranth (*Amaranthus caudatus*), and purple corn (*Zea mays* L.) consumed in the North of Argentina: Proximates, minerals and trace elements. *Food Chemistry*,

148, 420–426. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2013.09.155>

- Naula Lema, M. M. (2016). *Elaboración y valoración nutricional de pan a base de harina de trigo (*Triticum aestivum*) y almidón de achira (*Canna indica*), fortificada con suero de leche*. Retrieved from <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4954>
- Nora, T., Sívoli, L., Perdomo, B., Ramírez, A., & Sosa, F. (2014). Caracterización fisicoquímica, funcional y nutricional de harinas crudas obtenidas a partir de diferentes variedades de yuca, batata y ñame, cultivadas en Venezuela. In *Interiencia* (Vol. 39). Retrieved from <http://www.redalyc.org/html/339/33930206009/>
- NTE, 517 Inen. (1981). *Norma Técnica Ecuatoriana INEN 0517 Harina de origen vegetal. Determinación de tamaño de las partículas*.
- NTE, 520 Inen. (1981). *Norma Técnica Ecuatoriana INEN 0520 Harinas de origen vegetal. Determinación de la ceniza*.
- NTE, 522 Inen. (1981). *Norma Técnica Ecuatoriana INEN 0522 Harinas de origen vegetal. Determinación de la fibra cruda*.
- NTE, 523 Inen. (1981). *Norma Técnica Ecuatoriana INEN 0523 Harinas de origen vegetal. Determinación de Grasa*.
- NTE, 616 Inen. (2015). *Harina de Trigo*.
- Nuwamanya, E., Baguma, Y., Wembabazi, E., & Rubaihayo, P. (2002). A comparative study of the physicochemical properties of starches from root, tuber and cereal crops. In *African Journal of Biotechnology* (Vol. 10). Retrieved from <https://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/96240>
- Onwueme, I. (1999). *TARO CULTIVATION IN ASIA AND THE PACIFIC FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS REGIONAL OFFICE FOR ASIA AND THE PACIFIC BANGKOK*. Retrieved from <http://www.bio-nica.info/biblioteca/Onwueme1999TaroCultivation.pdf>
- Palomino, C., Molina, Y., & Perez, E. (2010). Atributos físicos y composición química de harinas y almidones de los tubérculos de *Colocasia Esculenta* (L.) Schott y *Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott. *Rev. Fac. Agro*, 36(2), 58–66.
- Pinho, A., Pereira, N., & Pereira, F. (2014). Caracterización reológica y optimización de la textura de purés de patata frescos y congelados. Efectos del proceso y adición de crioprotectores. Functional properties of starch and bean (Cajanus cajan L.) Native and modified by succinylation. *Revista Científica Da Faculdade de Educação E Meio Ambiente*, 1(5), 99–112.
- Pintão, A., Pais, M., Coley, H., Kelland, L., & Judson, I. (1995). In Vitro and In Vivo Antitumor Activity of Benzyl Isothiocyanate: A Natural Product from *Tropaeolum majus*. *Planta Medica*, 61(03), 233–236. <https://doi.org/10.1055/s-2006-958062>
- Pochapski, M., Fosquiera, E., Esmerino, L., Santos, E., Farago, P., & Santos, F. (2011).

- Phytochemical screening, antioxidant, and antimicrobial activities of the crude leaves' extract from *Ipomoea batatas* (L.) Lam. *Pharmacogn Mag*, 7, 165–170.
- Polesi, L. F. (2009). *Amido resistente obtido a partir de amido de leguminosas e de seus hidrolisados* (Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da Universidade de São Paulo). <https://doi.org/10.11606/D.11.2009.tde-09092009-150507>
- Quispe, G., & Fernandez, D. (2015). *Elaboración de estofado de anchoveta “Engraulis ringens” con agregado de arracacha “Arrancacia xanthorrhiza” en conservas*. Universidad Nacional del Callao.
- Ramón, F. (2017). *EFEECTO DEL ESTRÉS ABIÓTICO POST-COSECHA EN LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y DE ALGUNOS METABOLITOS PRIMARIOS DE MASHUA MORADA (Tropaeolum tuberosum Ruiz & Pavón)*. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Rayo, L. (2013). *Processo de aglomeração de farinha de banana verde com alto conteúdo de amido resistente em leito fluidizado pulsado*.
- Re, R., Pellegrini, N., Protegente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying improved ABTS radical cation decolouration assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26(9), 1231–1237.
- Regalado, I., Leiseca, A., Cabrera, Y., Franco, F., & Bulnes, C. (1988). Cambios anatómicos en la especie *Cynodon nlemfuensis* Vanderhyst en suelos contaminados por metales pesados. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 23(4), 37–42. Retrieved from http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2071-00542014000400007&script=sci_arttext&tlng=pt
- Rodriguez, D. (1997). *Caotenoides y preparación de alimentos: La Retención de los Carotenoides Provitamina A en Alimentos Preparados, Procesados y Almacenados*. 105.
- Rodriguez, J., Ramírez, E., Juárez, J., & Herrera, E. (2011). Caracterización fisicoquímica, funcional y contenido fenólico de harina de malanga. *Ciencia y Mar*, 15(43), 37–47. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/246044468>
- Rodriguez, M. (2009a). *Películas de Harinas de Arroz y Plátano Reforzadas con Nanopartículas de Montmorillonita de Sodio: Caracterización Fisicoquímica, Funcional y Molecular*”.
- Rodriguez, M. (2009b). *Películas de Harinas de Arroz y Plátano Reforzadas con Nanopartículas de Montmorillonita de Sodio: Caracterización Fisicoquímica, Funcional y Molecular*”.
- Rodríguez, M. A. C. C., Salazar, J. G., & García, A. C. (2017). EFECTO DEL TRATAMIENTO TERMICO EN COMPUESTOS BIOACTIVOS Y PROPIEDADES FISICOQUIMICAS EN BROCOLI. *JÓVENES EN LA CIENCIA*, 3(2), 95–100. Retrieved from <http://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/>

- Rosalina, I., & Bhattacharya, M. (2002). *Dynamic rheological measurements and analysis of starch gels*. *Carbohydrate Polymers*, 48, 191–202.
- Saa, M. (2019). *Evaluación del efecto de secado de la mashua morada *tropaeolum tuberosum* sobre las propiedades organolépticas y actividad antioxidante* (Universidad Técnica del Norte). Retrieved from <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/9033>
- Sahni, P., & Shere, D. M. (2017). Comparative Evaluation of Physico-chemical and Functional Properties of Apple, Carrot and Beetroot Pomace Powders - ProQuest. *International Journal of Food and Fermentation Technology*, 7, 317–323. <https://doi.org/10.5958/2321-5771.2017.00043.6>
- Sangronis, E. (2004). *Propiedades funcionales de las harinas de leguminosas (*Phaseolus vulgaris* y *Cajan cajan*) germinadas*.
- Santos, J., Silva, G., Santos, J., & Oliveira, A. (2010). *Processing and evaluation of the stability of the green banana flour*. 8, 219–224.
- Savlak, N., Türker, B., & Yeşilkanat, N. (2016). Effects of particle size distribution on some physical, chemical and functional properties of unripe banana flour. *Food Chemistry*, 213, 180–186. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2016.06.064>
- Sciarini, L. S., Ribotta, P. D., León, A. E., & Pérez, G. T. (2012). Incorporation of several additives into gluten free breads: Effect on dough properties and bread quality. *Journal of Food Engineering*, 111(4), 590–597. <https://doi.org/10.1016/J.JFOODENG.2012.03.011>
- Silva, D. (2019). *Aprovechamiento de cultivos andinos tradicionales infrutilizados para el desarrollo de un producto de pastelería tipo muffin*. FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS.
- Singleton, V., & Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic- phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16, 144–158.
- Sollid, L. M., & Jabri, B. (2013). Triggers and drivers of autoimmunity: lessons from coeliac disease. *Nature Reviews Immunology*, 13(4), 294–302. <https://doi.org/10.1038/nri3407>
- SOUZA, J.-A. (2010). *MUDANÇAS FÍSICO-QUÍMICAS E SENSORIAIS DE FARINHAS DE JULY-ANA SOUZA TAVARES MUDANÇAS FÍSICO-QUÍMICAS E SENSORIAIS DE FARINHAS DE*. Universidade Federal de Goiás.
- Subramoney, N., Moothandassery, S., & Rajamohanam, J. (2018). Chapter 11. Functionality of Tuber Starches. In *Starch in food. Structure Function and Applications* (pp. 421–508).
- Surco Laos, F. A., & Surco Laos, F. A. (2004). Caracterización de almidones aislados de

- tubérculos andinos : mashua (*Tropaeolum tuberosum*), oca (*Oxalis tuberosa*), olluco (*Ullucus tuberosus*) para su aplicación tecnológica. *Universidad Nacional Mayor de San Marcos*. Retrieved from <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/2588>
- Takeuchi, J., & Nagashima, T. (2011). Preparation of dried chips from Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*) tubers and analysis of their functional properties. *Elsevier Science*, 126, 922–926. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.11.080>
- Tiuquinga, J. (2017). *Utilización de diferentes niveles de harina de Canna edulis (Achira) en la alimentación de cuyes en la etapa de gestación–lactancia* (FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS - ESCUELA DE INGENIERÍA ZOOTÉCNICA). Retrieved from <http://dspace.espe.edu.ec/handle/123456789/7754>
- Torres, A., Durán, M., & Montero, P. (2013). *Evaluación de las propiedades funcionales del almidón obtenido a partir de malanga (Colocasia esculenta)*. 8(2), 29–38. Retrieved from www.revistaciad.org
- Torres, L., El-Dash, A., Carvalho, C., Ascher, J., Germani, R., & Miguez, M. (2005). Efeito Da Umidade E Da Temperatura No Processamento De Farinha De Banana Verde (*Musa Acuminata*, Grupo AAA) Por Extrusão Termoplástica. *B. CEPPA*, 23, 273–290. <https://doi.org/http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Traynham, T. (2006). *Evaluation of extruded-expelled low-fat soybean flour in flour blends and the effects on bread and dough development*. Iowa State University.
- Umaña, J., Álvarez, C., Lopera, S., & Gallardo, C. (2013). Caracterización de harinas alternativas de origen vegetal con potencial aplicación en la formulación de alimentos libres de gluten. *Alimentos Hoy*, 22, 33–46. Retrieved from <http://www.alimentoshoy.acta.org.co/index.php/hoy/article/view/230/223>
- Valverde, G. (2014). “*Capacidad antioxidante del extracto acuoso de tres variedades tipo amarillo, naranja y morado de Ipomoea Batatas (camote)*.” UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS.
- Vargas, P., & Hernández, D. (2013). Harinas y almidones de yuca, ñame, camote y ñampí: propiedades funcionales y posibles aplicaciones en la industria alimentaria. *Tecnología En Marcha*, 26, 37–45. Retrieved from http://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/1120
- Vega-Gálvez, A., Miranda, M., Vergara, J., Uribe, E., Puente, L., & Martínez, E. A. (2010). Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa willd.*), an ancient Andean grain: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90(15), 2541–2547. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4158>
- Villacrés, E., Cuadrado, L., & Quelal, M. B. (2016). *Actividad antimicrobiana de extractos de granos andinos El chocho, la quinua, amaranto y sangorache, fuente de moléculas bioactivas*. Retrieved from <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/4202>
- Villacrés, E., Rubio, A., Egas, L., & Segovia, G. (2006). *Usos alternativos del chocho:*

Chocho (Lupinus mutabilis sweet) alimento andino redescubierto. Retrieved from <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/298>

- Wang, S., & Copeland, L. (2012). Phase Transitions of Pea Starch over a Wide Range of Water Content. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(25), 6439–6446. <https://doi.org/10.1021/jf3011992>
- Wright, D. J., & Boulter, D. (1980). Differential scanning calorimetric study of meals and constituents of some food grain Legumes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 31(12), 1231–1241. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740311203>
- Young, A., & Lowe, G. (2001). Antioxidant and prooxidant properties of carotenoids. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 385(1), 20,27.
- Yun, S. H., & Matheson, N. K. (1990). Estimation of Amylose Content of Starches after Precipitation of Amylopectin by Concanavalin-A. *Starch/Starke*, 42, 302–305.
- Yungan. (2015). “Efecto del método de extracción del almidon de mashua (*tropaeolum tuberosum ruiz & pav.*) En las características fisico-químicas y reológicas.” Universidad Técnica de Ambato - FCIAL.
- Zhao, J., & Wistler, R. (1994). Spherical aggregates of starch granules as flavor carriers. *Food Technology*, 48, 104–105.
- Zhu, X., Cui, W., Zhang, E., Sheng, J., Yu, X., & Xiong, F. (2018). Morphological and physicochemical properties of starches isolated from three taro bulbs. *Starch - Stärke*, 70(1–2), 1700168. <https://doi.org/10.1002/star.201700168>
- Ziobro, R., Korus, J., Witczak, M., & Juszcak, L. (2012). Influence of modified starches on properties of gluten-free dough and bread. Part II: Quality and staling of gluten-free bread. *Food Hydrocolloids*, 29(1), 68–74. <https://doi.org/10.1016/J.FOODHYD.2012.02.009>