



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

**FACULTAD DE CIENCIA E  
INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y  
BIOTECNOLOGÍA**



**CARRERA DE ALIMENTOS**

---

Desarrollo de muffins libres de gluten en base a harina de camote morado (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) y achira (*Canna indica* L.)

---

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

Este trabajo forma parte del proyecto de investigación interinstitucional Universidad Técnica de Ambato-Universidad Politécnica de Valencia: “Valorización de tubérculos andinos para la obtención de ingredientes alimentarios y su viabilidad. Concienciación de su valor nutritivo y funcional”, coordinado por Liliana Acurio, M.Sc., aprobado mediante resolución Nro. UTA-CONIN-2022-0269-R.

**Autora:** Judith Estefanía Alvarado Salinas

**Tutor:** PhD. Diego Manolo Salazar Garcés

**Ambato – Ecuador**

**Febrero - 2024**

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

Ph.D. Diego Manolo Salazar Garcés

### **CERTIFICA:**

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

Ambato, 08 de enero del 2024

---

Ph.D. Diego Manolo Salazar Garcés

C.I. 1803124294

**TUTOR**

## **AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Judith Estefanía Alvarado Salinas, manifiesto que los resultados obtenidos en el presente Informe Final del Trabajo de Titulación, opción Proyecto de Investigación, previo a la obtención del título de Ingeniera en Alimentos, son absolutamente originales, auténticos y personales; a excepción de las citas bibliográficas.



---

Judith Estefanía Alvarado Salinas

C.I. 1805444666

**AUTOR**

## **DERECHOS DE AUTOR**

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

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



---

Judith Estefanía Alvarado Salinas

C.I. 1805444666

**AUTOR**

## **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO**

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

Para consistencia firman:

---

Presidente del Tribunal

---

Dra. Mayra Liliana Paredes Escobar  
0501873954

---

Mg. Andrea Verónica Delgado Ramos  
0401305008

Ambato, 25 de enero del 2024

## **DEDICATORIA**

*A Dios, por guiar mis pasos, cuidar de mí, brindarme fuerza, sabiduría e inspiración para culminar mi carrera profesional.*

*A mi madre Lorena, que ha sido padre y madre al mismo tiempo, un ejemplo de mujer virtuosa y amorosa con sus hijas. Por siempre protegerme y motivarme a seguir adelante brindándome su amor infinito.*

*A mis abuelitos, Asdrúbal y Lida, personas valiosas que con su arduo trabajo me han forjado con ejemplo de sacrificio y superación. Por su amor incondicional y sus sabios consejos, por ser mi faro de inspiración.*

*A mi hermana Brenda, quién incontables veces me ha extendido sus manos brindándome su apoyo y todo su cariño.*

*A ellos, y a mí misma dedico mi trabajo, esfuerzo y perseverancia, por ser la luz en mi camino, mi motivación e inspiración.*

***Con todo mi amor Judith Alvarado***

## AGRADECIMIENTO

*Agradezco a Dios y a mi familia, por ser el motor de mi vida, mi apoyo y fuente de inspiración. Por estar conmigo en todo el proceso de formación como persona y como profesional.*

*A la Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología por brindarme la oportunidad de formarme profesionalmente.*

*A mis maestros, en especial a mi tutor y un ejemplo a seguir Diego Salazar, que con su paciencia, amabilidad y empatía siempre estaba dispuesto a solventar mis inquietudes durante el desarrollo del trabajo de titulación.*

*A Alejito, por sumar en mi vida y brindarme su apoyo absoluto sin importar las circunstancias o lo difícil que se ponga la vida. Por demostrar ser un gran ser humano, por impulsarme con acciones y palabras de ánimo. Por ser mi refugio en los momentos difíciles y siempre creer en mí.*

*A mis amigos, en especial a Brigitte, mi amiga de corazón y de vida, qué a pesar de la distancia, sus palabras de aliento me han animado en mis peores momentos. A mi amiga Sharon, que me ha acompañado de principio a fin en mi trayectoria universitaria, porque a pesar de las dificultades, juntas hemos destacado lo virtuoso de cada situación. A mis amigos Daniel y Sebastián que con su apoyo y compañía me han sacado sonrisas en momentos difíciles. A mi querida Honey, por ser más que una mascota, mi amiga leal y compañera, gracias por hacer mis días más felices.*

*Gracias por su apoyo, su estima y todo su cariño. Cada uno ocupa un lugar especial en mi corazón. Agradezco por lo aprendido y me llevo lo mejor de cada uno.*

*¡Gracias por sus palabras y buenos deseos!*

***Judith Alvarado***

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

|  |            |
|--|------------|
| <b>APROBACIÓN DEL TUTOR</b> .....                                | <b>ii</b>  |
| <b>AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN</b> .....                   | <b>iii</b> |
| <b>DERECHOS DE AUTOR</b> .....                                   | <b>iv</b>  |
| <b>APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO</b> .....                    | <b>v</b>   |
| <b>DEDICATORIA</b> .....   | <b>vi</b>  |
| <b>AGRADECIMIENTO</b> .....                                      | <b>vii</b> |
| <b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....                                    | <b>xi</b>  |
| <b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....                                   | <b>xii</b> |
| <b>ÍNDICE DE ANEXOS</b> .....                                    | <b>xiv</b> |
| <b>PRESUMEN EJECUTIVO</b> .....                                  | <b>xv</b>  |
| <b>ABSTRACT</b> .....  | <b>xvi</b> |
| <b>CAPÍTULO I</b> .....  | <b>1</b>   |
| <b>MARCO TEÓRICO</b> .....                                       | <b>1</b>   |
| 1.1 Antecedentes Investigativos .....                            | <b>1</b>   |
| 1.1.1 Cultivos andinos del Ecuador .....                         | <b>2</b>   |
| 1.1.2 Valor nutricional de los cultivos andinos .....            | <b>3</b>   |
| 1.1.3 Uso de cultivos andinos en panificación y pastelería ..... | <b>4</b>   |
| 1.1.4 Tubérculos y raíces andinas.....                           | <b>6</b>   |
| 1.1.5 Camote ( <i>Ipomoea batatas</i> (L.) Lam.) .....           | <b>6</b>   |
| Importancia nutricional.....                                     | <b>8</b>   |
| 1.1.6 Achira ( <i>Canna indica</i> L.).....                      | <b>9</b>   |
| Importancia nutricional.....                                     | <b>11</b>  |
| 1.2 Objetivos .....  | <b>12</b>  |
| 1.2.1 Objetivo general.....                                      | <b>12</b>  |
| 1.2.2 Objetivos específicos .....                                | <b>12</b>  |



|   |    |
|---|----|
| <b>CARÍTULO II</b> .....  | 13 |
| <b>METODOLOGÍA</b> .....  | 13 |
| 2.1 Determinación de la mejor concentración de harinas de cultivos andinos para la elaboración de un producto de pastelería tipo muffin. .... | 13 |
| 2.1.1 Materia prima.....  | 13 |
| 2.1.3 Elaboración del muffin .....  | 13 |
| 2.1.4 Determinación del mejor tratamiento .....   | 14 |
| 2.2 Determinación de las propiedades fisicoquímicas, nutricionales y de textura del muffin elaborado.....                                     | 14 |
| 2.2.1 Propiedades fisicoquímicas .....  | 14 |
| Actividad de agua .....   | 14 |
| Acidez titulable y pH.....  | 14 |
| 2.2.2 Composición proximal.....   | 15 |
| Porcentaje de Humedad .....   | 15 |
| Proteína.....   | 15 |
| Fibra dietética .....   | 16 |
| Grasa.....  | 17 |
| Carbohidratos.....  | 18 |
| Cenizas.....  | 18 |
| 2.2.3 Contenido Calórico .....  | 19 |
| 2.2.4 Textura.....  | 19 |
| 2.2.5 Color .....   | 19 |
| 2.2.6 Tamaño de alveolo.....  | 19 |
| 2.3 Evaluación de la calidad sensorial del muffin elaborado utilizando cultivos andinos infrautilizados.....                                  | 20 |
| 2.3.1 Análisis sensorial .....  | 20 |
| 2.4 Diseño experimental y análisis estadístico .....  | 20 |

|  |    |
|--|----|
| <b>CAPÍTULO III</b> .....  | 21 |
| <b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....  | 21 |
| 3.1 Análisis preliminares .....  | 21 |
| Concentración óptima de harinas.....   | 21 |
| 3.2 Propiedades fisicoquímicas, nutricionales y de textura del muffin elaborado .. | 23 |
| 3.2.1 pH y Acidez .....  | 23 |
| 3.2.2 Actividad de agua .....  | 24 |
| 3.2.3 Composición Proximal .....   | 24 |
| 3.2.4 Análisis de Textura .....  | 29 |
| 3.2.5 Tamaño de Alveolos .....   | 31 |
| 3.2.6 Evolución de pH, acidez y color durante el almacenamiento.....               | 33 |
| 3.3 Análisis sensorial .....   | 39 |
| <b>CAPÍTULO IV</b> .....   | 42 |
| <b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....  | 42 |
| 4.1 Conclusiones.....  | 42 |
| 4.2 Recomendaciones .....  | 43 |
| <b>MATERIALES DE REFERENCIA</b> .....  | 44 |
| Referencias Bibliográficas.....  | 44 |
| Anexos.. .....   | 53 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabla 1.</b> Componentes nutricionales de Camote morado.....  | 9  |
| <b>Tabla 2.</b> Componentes nutricionales de Achira .....  | 12 |
| <b>Tabla 3.</b> Capacidad de las harinas de cultivos andinos para formar un producto esponjoso.....                      | 24 |
| <b>Tabla 4.</b> Composición proximal de “muffins” elaborados con harina de trigo, camote morado y achira.....            | 28 |
| <b>Tabla 5.</b> Perfil de textura de “muffins” elaborados con harina de trigo, camote morado y achira.....               | 31 |
| <b>Tabla 6.</b> Número de alveolos registrados en “muffins” elaborados con harina de trigo, camote morado y achira ..... | 32 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 1.</b> Camote morado ( <i>Ipomoea batatas</i> (L.) Lam.).....  | 7  |
| <b>Figura 2.</b> Raíz de achira ( <i>Canna indica</i> L.).....   | 10 |
| <b>Figura 3.</b> Índice de aceptabilidad (IA) de muffins elaborados con harinas de cultivos andinos  |    |
| <b>Figura 4.</b> Imágenes del color de los muffins y de la estructura de la miga (A: control, B: camote morado, C: achira) .....   | 33 |
| <b>Figura 5.</b> Evolución del pH de muffins (C: Control con 100 % de harina de trigo, CM con 100 % de harina de camote morado y ACH con 100 % de harina de achira) en función del tiempo de almacenamiento. Los resultados corresponden a las medias $\pm$ desviación estándar de tres mediciones. Letras diferentes (a, b, c) indican diferencias significativas entre muestras al mismo tiempo ( $p < 0,05$ ), y letras diferentes (x, y, z) indican diferencias significativas por muestras en el tiempo ( $p < 0,05$ ).....       | 34 |
| <b>Figura 6.</b> Evolución de la acidez de muffins (C: Control con 100 % de harina de trigo, CM con 100 % de harina de camote morado y ACH con 100 % de harina de achira) en función del tiempo de almacenamiento. Los resultados corresponden a las medias $\pm$ desviación estándar de tres mediciones. Letras diferentes (a, b, c) indican diferencias significativas entre muestras al mismo tiempo ( $p < 0,05$ ), y letras diferentes (x, y, z) indican diferencias significativas por muestras en el tiempo ( $p < 0,05$ )..... | 35 |
| <b>Figura 7.</b> Evolución del parámetro de luminosidad ( $L^*$ ) en la miga de muestras de muffins con cultivos andinos; valores de medias $\pm$ desviación estándar. Medias con letras diferentes (a, b, c) indican diferencias significativas entre muestras al mismo tiempo ( $p < 0,05$ ). Medias con letras diferentes (x, y, z) indican diferencias significativas por muestra en el tiempo ( $p < 0,05$ ).....   | 37 |
| <b>Figura 8.</b> Análisis de color rojos/verdes ( $a^*$ ) en la miga de muestras de muffins con cultivos andinos. Medias con letras diferentes (a, b, c) indican diferencias significativas entre muestras al mismo tiempo ( $p < 0,05$ ). Medias con letras diferentes (x, y, z) indican diferencias significativas por muestra en el tiempo ( $p < 0,05$ ).....  | 38 |
| <b>Figura 9.</b> Análisis de color amarillos/azules ( $b^*$ ) en la miga de muestras de muffins con cultivos andinos. Medias con letras diferentes (a, b, c) indican diferencias   |    |

significativas entre muestras al mismo tiempo ( $p < 0,05$ ). Medias con letras diferentes (x, y, z) indican diferencias significativas por muestra en el tiempo ( $p < 0,05$ )...... 39

**Figura 10.** Perfil sensorial de los muffins elaborados con harina de Cultivos andinos. C (muffin control con 100%harina de trigo), CM (muffin con 100% harina de camote morado), ACH (muffin con 100% harina de achira)..... 41

## ÍNDICE DE ANEXOS

|   |    |
|---|----|
| <b>Anexo 1.</b> Obtención de harinas de cultivos andinos camote morado ( <i>Ipomoea batatas</i> (L.) Lam.) y achira ( <i>Canna indica</i> L.) ..... | 53 |
| <b>Anexo 2.</b> Preparación de muffins con cultivos andinos.....  | 54 |
| <b>Anexo 3.</b> Análisis realizados en el muffin .....  | 55 |
| <b>Anexo 4.</b> Resultados LACONAL muffin control .....   | 57 |
| <b>Anexo 5.</b> Resultados LACONAL muffin camote morado.....  | 58 |
| <b>Anexo 6.</b> Resultados LACONAL muffin achira.....   | 59 |
| <b>Anexo 7.</b> Hoja de cata.....   | 60 |

## PRESUMEN EJECUTIVO

El consumo de productos con mejor valor nutricional, reducidos en grasa y azúcares, sin gluten o libres de lactosa, ha ganado popularidad entre los consumidores durante los últimos años, en este sentido el uso de materias primas no convencionales como los cultivos andinos han sido considerados debido a su composición nutricional y propiedades tecnológicas.

El trabajo de investigación se desarrolló con la finalidad de proporcionar una alternativa viable para el aprovechamiento de cultivos actualmente infrautilizados. Dentro de la investigación se desarrollaron productos de pastelería tipo muffins utilizando harina de camote morado (*Ipomoea Batatas* (L.) Lam.) y achira (*Canna indica* L.). En los muffins se evaluaron propiedades fisicoquímicas, nutricionales, de textura y sensoriales.

Los resultados permitieron establecer que las propiedades tecnológicas y funcionales de las harinas de los cultivos andinos favorecieron la elaboración de productos de pastelería tipo muffins. La muestra con harina de achira presentó los valores más altos en el contenido de proteína (13 por ciento). Los productos obtenidos podrán catalogarse como *altos en fibra dietética* al presentar valores superiores al 3 por ciento. Según el análisis de textura, las muestras de achira y camote morado presentaron los valores más altos de dureza y masticabilidad, sin embargo, estas muestras fueron elásticas. La evaluación sensorial permitió establecer que la formulación con harina de camote morado fue la más aceptada debido al color y sabor, similar al chocolate. No obstante, la muestra de achira fue la menos valorada debido al olor y textura principalmente.

**Palabras clave:** Cultivos andinos, tubérculos andinos, raíces andinas, camote morado, achira, productos libres de gluten, harinas no convencionales, productos de pastelería, muffins

## ABSTRACT

The consumption of products with better nutritional value, reduced fat and sugars, and are gluten-free or lactose-free has gained popularity among consumers in recent years, and the use of unconventional raw materials such as Andean crops has been considered because of their nutritional composition and technological properties.

The research work was developed with the aim of providing a viable alternative for the use of currently underutilized crops. As part of the research, muffin-type pastry products were developed using purple sweet potato (*Ipomoea Batatas* (L.) Lam.), and achira (*Canna indica* L.) flour. The physicochemical, nutritional, textural, and sensory properties of muffins were evaluated.

The results showed that the technological and functional properties of the Andean crop flours favored the production of muffin-type pastry products. The sample containing achira flour had the highest protein content (13 percent). The obtained products could be classified as high in dietary fiber if they had values above 3 per cent. According to texture analysis, the achira and purple sweet potato samples showed the highest values of hardness and chewiness; however, these samples were elastic. Sensory evaluation established that the formulation with purple sweet potato flour was the most acceptable because of its color and taste, which were similar to those of chocolate. However, the achira sample was the least appreciated, mainly because of its odor and texture.

**Key words:** Andean crops, Andean tubers, Andean roots, purple sweet potato, achira, gluten-free products, non-conventional flours, bakery products, muffins.



# CAPÍTULO I

## MARCO TEÓRICO

### 1.1 Antecedentes Investigativos

Las tendencias actuales en el consumo de alimentos muestran preferencia por productos más saludables, nutritivos y funcionales, aumentando así la demanda de alimentos no convencionales, que se perciben con mejor valor nutritivo (Fuentes, Acevedo, Chantré, y Gelvez, 2015). La industria alimentaria, en respuesta a esta demanda, ha enfocado sus esfuerzos tecnológicos y económicos en la búsqueda de nuevas materias primas, con mejores y variadas características nutricionales percibidas como naturales, contribuyendo a la salud y el bienestar de las personas (Rinaldoni, Palatnik, Zaritzky, y Campderrós, 2014). En este sentido, se ha visto la necesidad de desarrollar nuevos productos reducidos en grasa y azúcares, con altos contenidos de fibra, antioxidantes, minerales y con perfiles nutricionales diferenciados de sus homólogos comúnmente producidos (Goswami, Gupta, Mridula, Sharma, y Tyagi, 2015).

En la región andina se cultivan tubérculos, raíces y leguminosas que debido a su valor nutricional podrían jugar un papel fundamental en cuanto al desarrollo de productos alimenticios, inclusive funcionales (Muñoz et al., 2023). En este sentido, el aprovechamiento de estos cultivos podría cubrir la demanda de alimentos para segmentos de mercados específicos, ya que existen personas con requerimientos especiales, que sufren intolerancia a ciertos componentes característicos de los alimentos, como el gluten en productos de panificación (Machado Alencar, Steel, Alvim, de Moraes, y Andre Bolini, 2015). Los productos de panadería y pastelería se han posicionado como alimentos de consumo masivo, siendo el pan el que más popularidad tiene alrededor del mundo (Silva, 2019). No obstante, en la última década, su consumo ha disminuido significativamente debido a cambios en los hábitos alimenticios, incluyendo la adopción de dietas, nuevas tendencias y modas alimentarias (Salazar, Arancibia, Silva, López-Caballero, y Montero, 2021).

Los consumidores en la actualidad han generado una tendencia hacia productos más saludables y menos artificiales (reducidos en aditivos químicos, provenientes de

cultivos orgánicos, entre otros), generando presión en la industria y la academia en la búsqueda de productos que por su naturaleza sean aceptables sensorialmente y con alto valor nutritivo. Esta exigencia a resultado en una creciente búsqueda de alternativas al consumo de pan (Goswami et al., 2015). Generalmente, los productos de repostería incluyen harina de trigo en su formulación, sin embargo, cerca del 1% de la población a nivel mundial padece de celiaquía, por lo que el consumo de productos que tengan gluten en su estructura no pueden ser consumidos (Salazar, Arancibia, Silva, et al., 2021). La celiaquía es una patología provocada por la ingesta de gluten, la proteína característica que se encuentra presente en cereales como el trigo y cebada, demostrando que provoca sintomatología a nivel digestivo, como inflamaciones en el intestino delgado de forma crónica (Machado Alencar et al., 2015).

En Ecuador no se registran datos estadísticos con respecto a la población celiaca, sin embargo, se ha observado una tendencia a reemplazar el trigo, un ingrediente fundamental en productos de panadería y pastelería, por harinas libres de gluten derivadas de tubérculos, raíces tuberosas, leguminosas, frutos y otros (Goswami et al., 2015). Actualmente, el uso de materias primas no convencionales en la producción de alimentos se ha convertido en uno de los principales enfoques de investigación a nivel mundial. Estas materias primas se han empleado como nuevos ingredientes, ya sea como alternativas o sustitutos de otros, o en la producción y en la transformación de alimentos (Salazar, Arancibia, Silva, et al., 2021). Es importante destacar que muchas de estas materias primas seleccionadas contienen componentes que podrían ser considerados como aditivos o mejoradores naturales, encontrándose en este grupo los cultivos andinos, que ofrecen oportunidades para mejorar la calidad nutricional, funcional y tecnológica de los productos a los que se incorporan (Grau, 2014).

### **1.1.1 Cultivos andinos del Ecuador**

Los cultivos andinos históricamente han sido considerados como una fuente primaria de alimentación, especialmente para la población indígena. En general, son cultivos rústicos, con resistencia a sequía, helada y salinidad. (Jacobsen, Mujica, y Ortiz, 2003). Tanto tubérculos como raíces tienen un gran potencial de transformación en productos procesados, sin embargo, la producción de estos alimentos es realizada en pequeña escala, y en algunos casos, sólo se producen para el consumo doméstico (Salazar, Arancibia, Ocaña, et al., 2021). Entre los cultivos andinos ancestrales conocidos en

nombres aborígenes quechuas están el camote (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.), la oca (*Oxalis tuberosa* Molina), la achira (*Canna indica* L.), la mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pav.), entre otros (Lara, 2013).

La región andina comprendida por Bolivia, Perú, Ecuador y Colombia se destaca como una de las zonas del mundo donde se han domesticado el mayor número de especies vegetales tuberosas. Siendo la región que posee mayor riqueza vegetal y diversidad de estos cultivos, principalmente de tubérculos y raíces (Salazar, Arancibia, Ocaña, et al., 2021). No obstante, la mayor parte de estos cultivos han sido relegados a través del tiempo por otros cultivos más rentables como la papa o el arroz, o a su vez, por el desconocimiento de sus componentes nutricionales, propiedades funcionales y fisicoquímicas y, por lo tanto, de su potencial uso y aplicaciones en la industria alimentaria, generando que sean infrautilizados (Basantes, Aragón, y Albuja, 2022). A pesar del bajo consumo de estos alimentos, su estudio podría ser de gran interés debido a su composición nutricional con relación al contenido de fibra, compuestos antioxidantes, minerales, además de la ausencia de gluten (Muñoz et al., 2023).

Es importante señalar que el éxito agronómico de la agricultura andina es la papa, cultivada y consumida en todo el mundo. Sin embargo, luego de la papa con respecto a la extensión de la superficie cultivada se encuentra el camote y entre otras especies menos difundidas están la achira, melloco, mashua, oca, entre otros (Hussain, Beigh, Qadri, Naseer, y Zargar, 2019). Resulta probable que algunas condiciones de los Andes, como la marcada estacionalidad anual en cuanto a temperaturas o precipitaciones, hayan favorecido a la evolución de dichos cultivos. Destacándose por su resistencia a la sequía y a plagas, además del bajo coste de insumos agrícolas (Muñoz et al., 2023). A pesar de ello, en la actualidad el consumo de estos alimentos se ha reducido significativamente, siendo poco explotadas (Basantes et al., 2022).

### **1.1.2 Valor nutricional de los cultivos andinos**

En la región interandina del Ecuador, el uso de raíces y tubérculos ha constituido una fuente fundamental para la alimentación y la industria (Gusque, 2022). Por diversas razones como la producción, consumo y uso industrial, los cultivos andinos se están perdiendo, por lo que, en la cultura de consumo de estas especies autóctonas del Ecuador corren el riesgo de desaparecer (Salazar, Arancibia, Silva, et al., 2021). Los tubérculos en general contienen aproximadamente entre un 70 % a un 80 % de agua,

2 % de proteínas, entre 15 % y 25 % de almidón y generalmente no contienen grasa o su contenido es mínimo (Lara, 2013). Los principales componentes nutritivos de los tubérculos andinos son hidratos de carbono, fibra, proteínas, minerales como el potasio y algunas vitaminas (Vidaurre-Ruiz et al., 2022).

Es importante mencionar que, con base en estudios se ha evidenciado que tanto en la oca como en el camote se observa la presencia de antocianinas, calificadas como agentes anticancerígenos o antiprostáticos (Dizlek y Altan, 2015). Además, la mashua al poseer isotiocianatos pueden tener efectos positivos sobre el sistema inmune y podría proteger contra el cáncer (Lema, 2021). Observándose también un efecto endulzante natural en la oca y la mashua cuando estos son expuestos a la luz solar, lo cual permitirá la obtención de productos dulces con un contenido reducido de sacarosa añadida e incluso sustituyéndola por completo (Restrepo, 2018). Además, Aggarwal, Sabikhi, and Sathish Kumar (2016) mencionan que la achira debido a las propiedades fisicoquímicas como agente gelificante y estabilizante han generado un interés particular por su uso en el desarrollo de productos de panificación en los que se sustituya el trigo como harina tradicional.

En todas las muestras de cultivos andinos se han encontrado la presencia de fructosa, glucosa y sacarosa (Goswami et al., 2015). De tal manera que estos cultivos ancestrales pueden ser útiles como fuentes no convencionales de compuesto bioactivos con aplicaciones en el desarrollo de biomateriales, productos farmacológicos o nuevos ingredientes funcionales (Grau, 2014). Además, se sugiere el uso de estos tubérculos como fuentes prometedoras de antioxidantes naturales de amplio uso en la industria alimentaria. Evidenciándose también la presencia de mayor contenido de flavonoides y de antocianinas principalmente en el camote morado (Muñoz et al., 2023).

### **1.1.3 Uso de cultivos andinos en panificación y pastelería**

El uso de mejoradores o aditivos dentro de la industria alimentaria, específicamente en pastelería y panificación está creciendo de forma acelerada en los últimos años. Según Grau (2014), para poder realizar un proceso tecnológico eficiente en cuanto a la elaboración de panes y pasteles, se utilizan aditivos o mejoradores para lograr resultados eficientes en el producto final. Además, se consigue un ahorro en el tiempo de proceso, evitando la oxidación de las grasas presentes en las harinas y se alarga la

vida útil del producto, mejorando la textura de la masa, viscosidad, palatabilidad, flavor, aroma y otros (Aggarwal et al., 2016).

Los cultivos andinos han evidenciado propiedades tecnofuncionales como la capacidad de hinchamiento, capacidad de retención de agua y capacidad de emulsión estables, por lo que las harinas de cultivos andinos permiten obtener productos con un equilibrio en dulzor, especialmente con las harinas de camote y oca amarilla (Silva, 2019). Así mismo, se ha podido elaborar muffins estables y esponjosos con la incorporación de harina de achira, teniendo características funcionales debido a la presencia de glucosinatos, isotiocianatos, antocianinas y carotenoides presentes en todos los cultivos andinos (Salazar, Arancibia, Silva, et al., 2021). También se ha evidenciado que aquellos productos de panadería que contenían harina de camote eran más elásticas, permitiendo así mantener la humedad al interior del producto debido a que la pérdida fue menor conforme al tiempo de evaluación. Además, el contenido de azúcares y el tipo de carotenoides de este tubérculo incidieron en el color (Silva, 2019).

Los cultivos andinos podrían ser añadidos con el propósito de mejorar el procesamiento o inclusive para producir productos especiales, útiles y novedosos. Dichos productos a menudo podrán presentar un contenido mayor en nutrientes, convirtiéndose en una buena alternativa como materia prima para la industria de alimentos, principalmente destinados a la panadería y pastelería (Muñoz et al., 2023). Asimismo, otros cereales, pseudocereales, tubérculos, o leguminosas podrían ser utilizados en el desarrollo de alimentos ya que, en concordancia con la normativa INEN (2015), este tipo de productos podrían incluir tubérculos como el camote, achira, oca, entre otros para la elaboración de premezclas destinadas a panaderías, pastelerías, galleterías y repostería (Salazar, Arancibia, Silva, et al., 2021).

Dentro de los productos de pastelería, el bizcochuelo es el más destacado debido a su preferencia en cuanto a consumo, versatilidad, adaptabilidad y facilidad de preparación (Basantes et al., 2022). Debido a su versatilidad, este se deriva en productos como cupcakes, muffins, cakes, chifones, entre otros (Toapanta, 2023). Su fundamento se centra en la cantidad o tipo de grasa, además de su forma de elaboración, ya sea batido, mezclado o a su vez por el molde en el cual se lo hornea, sin embargo, la composición base es la misma (harina, huevos, polvo de hornear) (Lara, 2013). El aprovechamiento de harinas a base de cultivos andinos como el camote morado y achira representan una

fuelle de materia prima para el desarrollo de productos de pastelería, entre otros. Estos a su vez, podrían presentar características similares a sus homólogos que son elaborados con harina de trigo y que podrían ser aceptados por los consumidores (Fuentes et al., 2015).

#### **1.1.4 Tubérculos y raíces andinas**

Dentro de los cultivos andinos de gran importancia tanto económica como nutricional para los agricultores de la región andina destacan principalmente la papa y el camote (Restrepo, 2018). Sin embargo, existen otros cultivos menos conocidos como la oca, mashua, achira y olluco, los cuales juegan un papel fundamental dentro de la nutrición, salud y seguridad alimentaria de miles de familias de pequeños agricultores (Lara, 2013). Las raíces y tubérculos andinos (ARTCs), consideradas subutilizadas, actualmente están siendo un escenario importante para ofrecer la posibilidad de revalorizar estos productos ya sea para mejorar las dietas, la conservación de la agrobiodiversidad o los ingresos diversificados de los pequeños productores (Salazar, Arancibia, Ocaña, et al., 2021).

#### **1.1.5 Camote (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.)**

Existen dos teorías sobre el origen del camote, una lo consideran originario del continente americano. Situándolo en México y Centroamérica, esto debido a la evidencia arqueológica de la antigüedad de su cultivo. La otra teoría defiende el origen en China, sin embargo, actualmente se acepta que es originario de América, teniendo en cuenta que existe mayor cantidad de especies en América en comparación con el continente Asiático (Gusque, 2022). Gracias a rigurosas investigaciones, han contribuido a esclarecer el tema del origen y domesticación del camote, siendo que se han encontrado con más de 113 cultivares de *Ipomoea batatas* en el continente americano (Benavides, 2011). Incluyendo que la mayor diversidad genética se sitúa en América Central (México) considerándolo así el centro primario de diversidad de camote, mientras que la menor se encuentra en América del Sur, específicamente en Perú y Ecuador, siendo un centro secundario de diversidad del camote (Zhang, Cervantes, Huamán, Edward, y Ghislain, 2000).



**Figura 1.** Camote morado (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.)

El camote se ubica como el sexto cultivo alimenticio a nivel mundial, siendo el más importante después del arroz, trigo, papa, maíz y la yuca (Vidal, Zaucedo, y Ramos, 2018). No obstante, en países en vías de desarrollo se encuentra como el quinto cultivo alimentario más importante, y cada año se producen más de 105 millones de toneladas métricas en todo el mundo (Gusque, 2022). A pesar de que su origen se encuentra en el continente americano. Asia, hoy en día es el país productor de camote más grande del mundo y China el mayor consumidor, al ser considerado como un tubérculo apto para la alimentación humana, animal y para la industria (Guambo, 2023).

El cultivo tradicional de camote en Ecuador es favorecido debido a que el país posee características geográficas y climáticas adecuadas para su desarrollo, de allí que se lo siembra tanto en la Sierra como en la Costa y el Oriente (Armijos, Villacrés, Quelal, Cobeña, y Álvarez, 2020). En especial, las provincias de Morona Santiago, Loja, Pichincha, Carchi, Imbabura, Pastaza, Guayas y Manabí son las localidades donde en su mayoría se siembra el camote ya que su clima, altitud y suelo es propicio (Zhang et al., 2000). El cultivo de este tubérculo está tomando gran importancia a nivel nacional debido a las ventajas nutricionales que posee, siendo Esmeraldas la provincia con mayores variedades de camote y Manabí la mayor productora de camote de pulpa anaranjada (Gusque, 2022).

El camote se agrupa de acuerdo con el color de la pulpa: anaranjada, amarilla, blanca y morada (Armijos et al., 2020). Por lo general, la variedad morada y naranja son las más cultivadas debido a su aceptabilidad en el mercado. En Latinoamérica se encuentra la variedad morada y en Europa, la más habitual es la naranja. Todos los

camotes son caracterizados por ser una fuente importante de carbohidratos, vitaminas del complejo B, C, fibra y minerales (Silva, 2019). Además, se destaca que los usos del camote varían entre los medicinales, industriales y de consumo humano, por lo cual resulta ser un vegetal de interés debido a que se lo considera como un alimento funcional por su composición nutrimental y bajos costos de producción. Sus aplicaciones dentro de la industria alimentaria con cada vez mayores, ya que han sido utilizados como complementos o sustitutos en la elaboración de productos alimenticios (Lara, 2013).

El consumo de camote ha sido estudiado en el tratamiento de varios padecimientos y enfermedades que afectan a la salud del ser humano. Por ello, en los últimos años, el camote tomó auge dentro de la industria alimentaria a nivel mundial. En China se lo utiliza para la obtención de almidón, constituyendo el 55 % del peso total. En Perú se obtiene harina para la elaboración de alimentos panificados y fideos (Cartabiano, Ornella, y Casas, 2020). En Japón además de consumir el producto horneado o al vapor, se ha utilizado como materia prima para la producción de licor y almidón (Takahama, Noda, Ueno, Munekata, y Araki, 2021). En Filipinas extraen las antocianinas del camote para luego agregarlas en la leche fermentada por la bacteria *Lactobacillus acidophilus*, esto con el propósito de fortalecer el sistema inmune debido a su poder antioxidante y evitar la formación de radicales libres (Vidal et al., 2018).

### **Importancia nutricional**

Se han realizado diversos estudios en donde se revela la composición nutricional del tubérculo del camote. Es un alimento rico en carbohidratos, proteínas, lípidos, carotenoides, vitamina A, C, riboflavina, niacina, fibra y agua, componentes que le proporcionan la categoría de alimento con alto valor nutricional (Muñoz et al., 2023). El sabor dulce del camote se debe a la degradación del almidón en azúcares simples como la sacarosa que es el mayor componente, seguido de la fructosa y glucosa. El color del camote se debe a la presencia de pigmentos, el cual varía dependiendo del tipo de camote y van desde tonos morados por la presencia de antocianinas, amarillos y anaranjados por la presencia de carotenoides.

Entre los carbohidratos indigeribles por los humanos, se encuentran la celulosa y hemicelulosa los cuales funcionan como fibra para acelerar el tránsito intestinal (Vidal et al., 2018). El camote destaca como un tubérculo con un aproximado del 98 % de



carbohidratos fácilmente digeribles. A pesar de su contenido en carbohidratos, tiene un índice glucémico bajo, convirtiéndolo en una fuente beneficiosa de energía. Además, es rico en magnesio, lo que contribuye a la estabilidad de los niveles de azúcar en la sangre y al control del apetito (Lara, 2013). En la Tabla 1 se muestran los principales componentes nutricionales del camote morado según Idrovo (2010) & Vidal et al. (2018).

**Tabla 1.** Componentes nutricionales de Camote morado

| <b>Componente</b>     | <b>Camote Morado (%)</b> |
|-----------------------|--------------------------|
| Agua                  | 70-80                    |
| Fibra                 | 1,2-3,5                  |
| Proteínas             | 1,2-7,2                  |
| Grasas                | 0,4-3                    |
| Carbohidratos         | 20,19-27,3               |
| Vitaminas y minerales | 2                        |

#### **1.1.6 Achira (*Canna indica* L.)**

La achira es una planta perenne nativa de la región andina, puede crecer hasta alcanzar los dos metros de altura, caracterizándose por sus hojas amplias y ovales, así como por sus llamativas flores de color rojo (Yaruro, Suarez, de Francisco, Vásquez, y Diaz, 2021). Produce abundantes rizomas y toda su producción está destinada a la extracción de almidón, aunque la costumbre de consumo ya sea cocido o frito se ha observado en pocos casos (Idrovo, 2010). Resulta importante considerar que el rizoma de la achira hace referencia a un tallo que crece bajo tierra, en forma horizontal y del cual emergen raíces y brotes a lo largo de su extensión. A diferencia de los tubérculos, que son engrosamientos de raíces, los rizomas son estructuras que se desarrollan a partir de brotes laterales del tallo de la planta. Además, los rizomas de achira son conocidos por tener un alto contenido de almidón y son una fuente considerable de carbohidratos (Toapanta, 2023).



**Figura 2.** Raíz de achira (*Canna indica* L.)

Hoy en día, la achira es cultivada en los países andinos como Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia. Además, también son cultivados en Venezuela y Brasil, así como en otras regiones del mundo como Asia, África y la Polinesia (De León, Noriega, Villavicencio, Fierro, y Echavarría, 2023). Sin embargo, el cultivo de achira en Ecuador está dado solo en minifundios o huertos familiares, donde es posible obtener el rizoma o su almidón para autoconsumo (Morochó, 2013). En Ecuador, el cantón Patate, ubicado en la provincia de Tungurahua destaca como la principal zona de producción de este cultivo (Cando, 2019). Al ser un cultivo resistente, muy adaptado a la región no muestra complicaciones ante enfermedades, siendo apto para su uso en alimentación y de paso no genera contaminación del medio ambiente por su producción y procesamiento (Espinosa, Vaca, Abad, y Crissman, 1996).

Se conocen tres variedades principales de Achira, la Yunga que es la que produce mayor cantidad de rizomas y mejor harina, la morada, que no se distingue de la anterior en la mata sino en el rizoma con una coloración un tato morado en el cogollo y al abrirla se observa una coloración azul y, la negra, que es propio de lugares fríos, no es cultivada para aprovechar el rizoma que es escaso, sino por la hoja la cual es un poco más oscura en comparación con las dos anteriores (Idrovo, 2010). Se debe considerar que la achira no es tan conocida y cultivada a nivel global como otros cultivos alimenticios, por lo que, la diversidad de variedades puede variar según las regiones donde se cultiva. Además, la selección de variedades puede depender de varios factores como el clima, suelo y manejo de los cultivos (Muñoz et al., 2023).

El rizoma de achira se utiliza para la extracción de la harina y en algunas regiones del Ecuador se lo consume cocido o frito (Rodríguez, López, y Volveras, 2022). El

almidón que se obtiene de la achira es uno de los de mayor calidad puesto que presenta algunas características como el tamaño del gránulo y la brillantez, otorgando así ventajas comparativas con respecto a los almidones que se obtienen de otros productos como la yuca, papa, etc (Bohórquez, Bonilla, Pérez, Quintero, y Vargas, 2017). Entre los principales usos del almidón de achira, se lo emplea como polvoreamiento, tonificante, gelificante, humectante, moldeante, estabilizante y espesante (Idrovo, 2010).

### **Importancia nutricional**

Según estudios técnicos realizados por instituciones especializadas como el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (NIAP) y otros centros de investigación de alimentos, han demostrado que la achira produce gránulos de almidón más grandes en comparación con otras especies vegetales (maíz, trigo, yuca y papa) (Andrade-Mahecha, Tapia-Blácido, y Menegalli, 2012), esta característica hace que este tubérculo tenga mayor poder de hinchamiento, sin embargo, un alto poder de hinchamiento también se explica por el alto contenido de amilosa que posee la achira (Yaruro et al., 2021). Además, posee un alto contenido de proteína y un porcentaje considerable de fibra, de tal manera que, a pesar de no ser asimilable, resulta ser fácilmente digerible por el organismo (Gusque, 2022).

La Achira es una planta que se puede aprovechar casi en su totalidad, sin embargo, el principal producto obtenido es su harina, la cual brinda diversos beneficios debido a su alto contenido nutricional y por su variedad de usos en aplicaciones alimenticias (Fonseca-Florido, Méndez-Montealvo, Velazquez, y Gómez-Aldapa, 2016). Se utiliza generalmente en la elaboración de galletas, refrescos saludables, aglomerados de medicamentos, productos de panadería, sustituto de maicena, entre otros (Chaparro, Romero, y Rodríguez, 2020). También cabe mencionar que esta planta tiene propiedades fisicoquímicas de calidad superior para la industria, principalmente la alimenticia. Una propiedad más destacable es la temperatura de gelatinización que esta presenta ya que es mucho mayor que la del maíz o el trigo, por lo cual resiste mejor a procesos estresantes (falta de hidratación) que normalmente se da en la industria (De León et al., 2023). Además, se atribuye propiedades tonificantes, conservantes, gelificantes, estabilizantes, entre otras (Fuentes et al., 2015). En la Tabla 2 se muestran

los principales componentes nutricionales de la achira en rizoma reportado por Idrovo (2010) & Vidal et al. (2018).

**Tabla 2.** Componentes nutricionales de Achira

| <b>Componente</b>     | <b>Achira<br/>(%)</b> |
|-----------------------|-----------------------|
| Agua                  | 66,30                 |
| Fibra                 | 0,50                  |
| Proteínas             | 0,90                  |
| Grasas                | 0,10                  |
| Carbohidratos         | 31,30                 |
| Vitaminas y minerales | 2                     |

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo general**

Desarrollar un producto de pastelería tipo muffin utilizando cultivos andinos infrautilizados como el Camote Morado (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) y la Achira (*Canna indica* L.).

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Determinar la mejor concentración de harinas de cultivos andinos para la elaboración de un producto de pastelería tipo muffins.
- Determinar las propiedades fisicoquímicas, nutricionales y de textura del muffin elaborado.
- Evaluar la calidad sensorial del muffin elaborado utilizando cultivos andinos infrautilizados.

## **CARÍTULO II**

### **METODOLOGÍA**

#### **2.1 Determinación de la mejor concentración de harinas de cultivos andinos para la elaboración de un producto de pastelería tipo muffin.**

##### **2.1.1 Materia prima**

Las harinas que se utilizaron en la producción de los diferentes muffins corresponden a las procesadas en el proyecto de investigación Resolución Nro. UTA-CONIN-2022-0269-R.

##### **2.1.2 Proceso de obtención de harinas de cultivos andinos**

Para obtener las harinas, se empleó la metodología descrita por Salazar, Arancibia, Silva, et al. (2021), los tubérculos y rizomas fueron sometidos a un proceso de limpieza con agua y cepillados hasta eliminar todas las impurezas que se encontraron en la superficie. Posteriormente se realizaron cortes de ~3 mm, se colocaron en bandejas y se secaron a 60 °C durante 8 horas en un horno secador convectivo (Gander MTN, Saint Paul, MN, EE. UU.). Finalmente, las rodajas secas de los cultivos andinos fueron molidos utilizando un molino (DAEWOO DCG362), la molienda se realizó mediante el proceso de trituración hasta obtener un polvo fino. Todas las muestras fueron empacadas herméticamente en fundas laminadas respectivamente rotuladas y se almacenaron a temperatura ambiente hasta su posterior análisis como lo establece la norma NTE INEN (2015).

##### **2.1.3 Elaboración del muffin**

Para la elaboración de los muffins se tomaron como referencia el método descrito por Silva (2019), en el cual todos los componentes líquidos y sólidos se mezclaron en un procesador de alimentos (Thermomix TM, Wuppertal, Alemania) durante 3 minutos a velocidad alta. La masa obtenida del proceso de mezcla se dividió en porciones de 15g y se colocó en moldes para muffins previamente engrasados. El horneado se realizó en un horno (American A6, Riobamba, Ecuador) a 200 °C durante 11min. Finalmente, los muffins fueron enfriados a temperatura ambiente durante una hora, se envasaron en bolsas termoselladas y se almacenaron hasta su posterior análisis.

### **2.1.4 Determinación del mejor tratamiento**

Con la finalidad de establecer el mejor porcentaje de uso de harinas de cultivos andinos en el desarrollo de los muffins se ensayaron dos porcentajes por cada harina, estos valores se tomaron de referencia en base al estudio de Silva (2019). Para establecer la mejor formulación se desarrolló una evaluación sensorial de aceptabilidad para evaluar el índice de aceptabilidad (IA), la escala de valoración fue 5 me gusta y 1 no me gusta, valores superiores al 70 % de IA indicaron que los jueces aceptan el producto (Dutcosky, 2011). En base a los resultados del IA se utilizaron los que cumplieron con el requerimiento de un IA superior al 70 % para su posterior análisis.

## **2.2 Determinación de las propiedades fisicoquímicas, nutricionales y de textura del muffin elaborado.**

### **2.2.1 Propiedades fisicoquímicas**

#### **Actividad de agua**

La aw (Actividad de agua) se determinó según la normativa ISO 18787 (ISO, 2017), por medio de un medidor de actividad acuosa (AUALAB serie 4te, Decagon, devices inc., Pullman, EE. UU.), mediante el método de punto de rocío. Las mediciones se realizaron por triplicado.

#### **Acidez titulable y pH**

Para la determinación de pH se empleó un medidor digital digital (FISHER SCIENTIFIC, AB200, EE.UU.) en base a la metodología descrita en la AOAC 981.12 (AOAC, 2005), se pesaron 10g de muestra en un vaso de precipitación de 200ml , se añadió 100ml de agua destilada, se homogenizó durante 1min y se procedió a filtrar con ayuda de un lienzo para tomar la lectura de la muestra. En cuanto a la acidez, se determinó por titulación con NaOH 0,1 N, empleando fenolftaleína como indicador según la normativa AOAC 942.15 (AOAC, 2005), se pesaron 10g de muestra para ser homogenizada con 200ml de agua destilada, se filtró y se tomó 25ml a los cuales se añadió 75ml de agua destilada y se procedió a titular. Se debe considerar además que la determinación se realizó por triplicado al día 1, 7, 14 y 21. Los cálculos se realizaron utilizando la ecuación 1.

$$A = 0,090 \frac{V * N}{m} * 100 \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde:

**A:** Acidez titulable “% de ácido láctico”

**V:** Volumen NaOH utilizado (ml)

**N:** Normalidad de NaOH (0,1 N)

**m=**Peso de la muestra (g)

### **2.2.2 Composición proximal**

#### **Porcentaje de Humedad**

La determinación del contenido de humedad se realizó en base a la metodología AOAC 925.10 (AOAC, 2005). Las muestras de muffins se desintegraron, pesaron y se colocaron en una cápsula de porcelana, las muestras fueron llevadas a una estufa a 105 °C por 24 horas. Luego, la cápsula se enfrió en un desecador por 40 minutos y se valoró su peso. La prueba se realizó por triplicado y la humedad se calculó empleando la siguiente fórmula:

$$\text{Humedad} = Ha - Hbx \left( \frac{100 - Ha}{100} \right) \quad (\text{Ecuación 2})$$

#### **Proteína**

El contenido de proteína se determinó según el método 955.39 propuesto en la norma AOAC 2005 (AOAC, 2005). Se preparó la muestra y una vez homogenizada se pesó ~1g en un papel libre de nitrógeno y se transfirió al tubo Kjeldahl, se adicionó 1 tableta (5 g) de mezcla catalizadora de sulfato de cobre con sulfato de potasio y se añadió 20ml de ácido sulfúrico concentrado al 98 %. Se colocaron los tubos de digestión con las muestras en el equipo (DIGESTOR TURBOTHERM) programado a 100 °C durante 1 h, una vez finalizado este proceso se dejó enfriar a temperatura ambiente.

Para la destilación se dosificaron 70 ml de agua destilada en cada tubo de muestra y por otra parte se colocaron 30 ml de ácido bórico al 4% en un matraz Erlenmeyer de 250 ml. El tubo con la muestra digerida fue colocado en el lado izquierdo del destilador y el matraz en el lado derecho, el equipo fue programado por ~7 min. Se recogió el destilado y se tituló con HCl 0,1 N hasta el viraje de color. Se calculó el contenido de

nitrógeno y el porcentaje de proteína de las muestras de muffins, según las ecuaciones 3 y 4 respectivamente. El análisis correspondiente a proteína se desarrolló en el Laboratorio de Análisis y Control de Alimentos (LACONAL), la prueba se realizó por triplicado.

$$\% \text{Nitrogeno} = \frac{(V_s - V_b) * N * 14,01}{W * 10} \quad (\text{Ecuación 3})$$

$$\% \text{Proteína} = (\%N * F) \quad (\text{Ecuación 4})$$

Donde:

$V_s$ = Volumen de titulación HCl (ml)

$V_b$ = Volumen del blanco (ml)

$N$ = Concentración HCl (mol/litro)

$W$ = Peso de la muestra (g)

### **Fibra dietética**

El análisis de fibra dietética total se desarrolló en el Laboratorio de Análisis y Control de Alimentos (LACONAL), se evaluó siguiendo el método AOAC 985.29 (AOAC, 1997). Para esto se pesó por triplicado 1g de muestra previamente triturada en vasos de precipitación de 200ml y se adicionó 50 ml de solución buffer o tampón fosfato de pH 6. Después se adicionó 0,05 ml de solución de  $\alpha$ -amilasa termoestable y se cubrió con papel aluminio con el propósito de sumergirlo a un baño de agua a 85 °C por 30 minutos, con agitación en intervalos de 5 min. Seguido de esto se enfrió a una temperatura ambiente con el fin de ajustar el pH a  $7,5 \pm 0,2$  con alrededor de 10 ml de NaOH 0,275 N. Luego, se agregó 0,1 ml de la enzima proteasa y se lo temperó a 60 °C por 30 minutos con agitación constante. A continuación, se ajustó el pH a 4,5 con HCl 0,325 N, se adicionó 0,2 ml de la enzima amiloglucosidasa y se llevó nuevamente a digestión a 60 °C durante 30 minutos, igualmente con agitación continua.

Una vez finalizado el tiempo de incubación se agregó 280 ml de etanol al 96 % previamente calentado a 60 °C hasta su precipitación durante una hora. Para proceder con el filtrado, el crisol de vidrio sinterizado con célite se pesó y humedeció con etanol al 78 %, con el fin de redistribuir el célite. Posterior a esto, se transfirió el precipitado al crisol aplicando y manteniendo succión. El residuo se lavó de forma sucesiva con 3



porciones de 20 ml de alcohol al 78 %, 10 ml de etanol al 95 % y 10 ml de acetona colocada de forma consecutiva.

El residuo del filtrado se secó durante toda la noche a 100 °C, se enfrió utilizando un desecador y se registró su peso. Luego, se evaluó el contenido de proteínas de uno de los residuos, para lo cual se utilizó 6,25 como factor de conversión. El otro residuo de los triplicados se lo calcinará a 550 °C durante 5 horas y así se obtuvo el peso. De manera similar se realizó el proceso anterior para el blanco, en este caso se empleó la ecuación 5.

$$B = \text{blanco, mg} = \text{masa del residuo} - P_b - C_b \quad (\text{Ecuación 5})$$

Donde:

**Masa del residuo** = Promedio de masa del residuo (mg) para la determinación blanco.

**P<sub>b</sub> y C<sub>b</sub>** = Masa (mg) de proteína y cenizas, en los residuos de los blancos.

El contenido de fibra dietética total se obtendrá mediante la ecuación 6.

$$\% FDT = \frac{m_1 - P - C - B}{m} * 100 \quad (\text{Ecuación 6})$$

Donde:

**M** = Masa de la muestra, promedio de la masa de 2 muestras en mg.

**m<sub>1</sub>** = Masa del residuo, promedio de las masas de las muestras determinadas por duplicado.

**P y C** = Masa en mg de proteína y cenizas, respectivamente en los residuos de las muestras.

**B** = Blanco

### **Grasa**

El contenido de grasa se determinó según el método Soxhlet, basado en la normativa AOAC 920.85 (AOAC, 2005). Para lo cual, inicialmente se pesó ~6 g de muestra empleando papel filtro y se colocó dentro de un cartucho de celulosa en forma de dedal

para ser depositado en la cámara del extractor. En un balón de ebullición se calentó 50 ml de éter de petróleo, se condensó el vapor y cayó gota a gota sobre un cartucho que contendrá la muestra, de esta manera se extraerá la materia grasa. Este proceso se realizó de manera cíclica durante 4 horas. El solvente se recuperó por destilación y la cantidad de grasa del vaso que sostuvo se pesó. Para lo cual se empleó la ecuación 7. El análisis correspondiente a grasa se desarrolló en el Laboratorio de Análisis y Control de Alimentos (LACONAL), la evaluación se realizó por triplicado.

$$\text{Grasa bruta (\%)} = \frac{W_2 - W_0}{W_1} * 100 \quad (\text{Ecuación 7})$$

Donde:

$W_2$  = Peso del vaso de extracción más grasa (g)

$W_0$  = Peso del vaso vacío (g)

$W_1$  = Peso de la muestra (g)

### **Carbohidratos**

El contenido total de carbohidratos se determinó por diferencia entre los componentes de grasa, proteína, ceniza, humedad, y fibra. Todas las determinaciones se realizaron por triplicado empleando tres muestras para cada tratamiento aplicando la siguiente ecuación:

$$\%CT = 100 - (\%grasa + \%proteína + \%humedad + \%fibra + \%cenizas)$$

(Ecuación 8)

### **Cenizas**

Para la determinación de cenizas se utilizó el método de incineración por mufla, con lo cual se pesó 2 g de muestra y se colocó en un crisol previamente secado en la estufa para después tararlo. Posteriormente se colocó en una mufla a 550 °C en un intervalo de tiempo de 4 horas y finalmente se colocó en un desecador hasta obtener un peso constante, según la metodología AOAC 923.03 (AOAC, 2005). Esto se lo realizó por triplicado y se calculó el contenido de cenizas mediante la ecuación 9.

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{P_1 - P_0}{P} * 100 \quad (\text{Ecuación 9})$$

Donde:

**P1**= Peso del crisol con las cenizas (g)

**P0**= Peso del crisol vacío (g)

**P**= Peso de la muestra (g)

### **2.2.3 Contenido Calórico**

El contenido calórico fue calculado en x 100 g, debido a que la suma total de calorías de cada componente es el valor energético de cada uno, grasa (x 9 kcal/g), proteína (x 4 kcal/g), carbohidratos (x 4 kcal/g) y fibra (x 2 kcal/g).

$$\mathbf{Energía} = (\text{carbohidratos} * 4) + (\text{proteína} * 4) + (\text{grasa} * 9) + (\text{fibra} * 2)$$

(Ecuación 10)

### **2.2.4 Textura**

En el perfil de textura (TPA) de los muffins se evaluaron parámetros de dureza, masticabilidad, elasticidad, cohesividad y adhesividad. La evaluación se realizó mediante un Texturómetro (PRO CT3 BROOKFIELD, EE. UU), con la sonda TA4/1000 a una velocidad de 10 mm/s, para una deformación del 25 %.

### **2.2.5 Color**

Se evaluaron los parámetros de color L\* (luminosidad), a\*(rojo/verde) y b\* (amarillo/azul), índice de amarillez (IA) y brillo (B), mediante el uso de un colorímetro (LOVIBOND, RM-200, EE. UU), con un iluminador D65 (luz natural) y con un observador estándar D10. Los resultados fueron directamente procesados por el equipo con el programa SpectrMagic NX (KONICA MINOLTA, Japón, 2011), se utilizó como referencia el método descrito por Salazar, Arancibia, Silva, et al. (2021).

### **2.2.6 Tamaño de alveolo**

Para la evaluación del tamaño de alveolo se empleó el método de análisis de imágenes Image J en base a lo propuesto por Winn, Larkin, Murry, Moon, y Mason (2021), de cada lote se procesaron rebanadas y se evaluó un campo cuadrado de 3 x 3 cm de cada uno de los cortes, buscando capturar la mayor área de miga de una rebanada de muffin. Una vez obtenidas las imágenes, se analizó el número y tamaño de alveolos.

## **2.3 Evaluación de la calidad sensorial del muffin elaborado utilizando cultivos andinos infrautilizados.**

### **2.3.1 Análisis sensorial**

El análisis sensorial del muffin elaborado se realizó por 17 estudiantes (jueces), tanto hombres como mujeres de la Universidad Técnica de Ambato. Las características sensoriales evaluadas fueron de color, olor, sabor, textura y aceptabilidad general. Se empleó una escala hedónica de cinco puntos y al finalizar la prueba se solicitó a los catadores que seleccionen el muffin más agradable y el menos agradable, los resultados de preferencia se expresaron en % de preferencia (Salazar, Arancibia, Silva, et al., 2021).

### **2.4 Diseño experimental y análisis estadístico**

El diseño experimental corresponde a un diseño completamente aleatorizado. Para dicho análisis, a partir de los datos que se obtuvieron se utilizó el programa informático EXCEL® (Microsoft Office, EE. UU.), y el programa estadístico Infostat 2020 (Infostat, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, España). Se analizó las diferencias significativas mediante ANNOVA, además se compararon las medias mediante la prueba de Tukey.

## CAPÍTULO III

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 Análisis preliminares

##### Concentración óptima de harinas

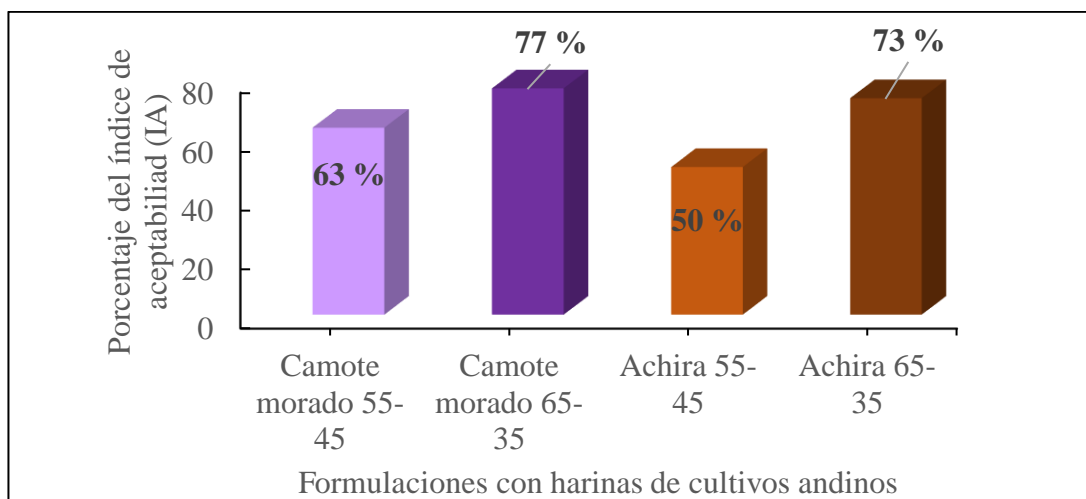
Partiendo de la premisa de que las harinas de cultivos andinos muestran comportamientos diferentes, se llevaron a cabo estudios previos con el fin de evaluar de manera cualitativa la capacidad para formar un producto esponjoso y así seleccionar las formulaciones más apropiadas (Tabla 3). La composición de aceite, huevos, yogurt y polvo de hornear se mantuvo constante en todos los muffins, al igual que la proporción de azúcar, la única variación en las formulaciones se centró en el tipo de harina de cultivos andinos. En este contexto, todas las formulaciones, incluido el control, fueron diseñadas con el criterio de cumplir con características saludables, con bajo contenido en grasa, especialmente grasas saturadas, bajos niveles de azúcares y un alto contenido de fibra en comparación con los muffins industriales.

En este sentido, se establecieron varios parámetros de evaluación visual, como la capacidad de homogenizar (capacidad de los ingredientes para integrarse en la mezcla sin formar grumos), el proceso de horneado (el comportamiento de la masa durante la cocción, que influye en la apariencia, aroma, sabor y textura característicos), la capacidad de elevación (o de retención del gas generado por el polvo de hornear) y la capacidad para formar alveolos (espacios en la masa), así como su idoneidad para generar una masa esponjosa. En función de estos parámetros, las distintas masas fueron clasificadas de manera arbitraria: (-) sin capacidad, (+) capacidad moderada y (++) buena capacidad.

**Tabla 3.** Capacidad tecnológica de las harinas de cultivos andinos

| Formulaciones                        | Capacidad de Homogeneizar | Horneado | Capacidad de Elevación | Capacidad de Formación de Alveolos |
|--------------------------------------|---------------------------|----------|------------------------|------------------------------------|
| 55 % Fase Líquida-45 % Harina achira | ++                        | +        | +                      | +                                  |
| 65 % Fase Líquida-35 % Harina achira | ++                        | ++       | ++                     | ++                                 |
| 55 % Fase Líquida-45 % Harina camote | ++                        | +        | +                      | +                                  |
| 65 % Fase Líquida-35 % Harina camote | ++                        | ++       | ++                     | ++                                 |

Se observó que las formulaciones con 65 % de la fase líquida y 35 % de la fase sólida (harina) son la que mejores resultados presentaron en función a la escala desarrollada. Para confirmar la formulación óptima, se llevó a cabo una evaluación sensorial de aceptabilidad para evaluar el índice de aceptabilidad (IA). Se consideró una escala de valoración con una puntuación de 5 para “me gusta” y de 1 para “no me gusta”, donde valores superiores al 70 % del IA indican que los jueces aceptan el producto (Dutcosky, 2011). Los resultados en la Figura 3 muestran que los muffins elaborados con harinas de cultivos andinos, específicamente las formulaciones con un 65 % de fase líquida y un 35 % de la fase sólida, obtuvieron un índice de aceptabilidad superior al 70 %. Este porcentaje se considera óptimo en términos de aceptación por parte de los consumidores, sugiriendo que la inclusión de harina de cultivos andinos puede tener un impacto positivo en los parámetros sensoriales de este tipo de productos.



**Figura 3.** Índice de aceptabilidad (IA) de muffins elaborados con harinas de cultivos andinos

### 3.2 Propiedades fisicoquímicas, nutricionales y de textura del muffin elaborado

#### 3.2.1 pH y Acidez

En la Tabla 4 se presentan los resultados de pH y acidez de los muffins elaborados al primer día. Se observa que existen diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre las muestras, siendo la muestra de camote morado la que presentó el mayor valor de pH con 7,27, seguido de la muestra control con 7,07 y la muestra de achira con 6,67. Los valores de pH de las muestras control y camote morado fueron superiores a 7, mientras que en la muestra de achira fueron cercanos a la neutralidad, es decir que dicha muestra es ligeramente ácida puesto que se encuentra por debajo del punto neutro 7. Según Silva (2019), los muffins son considerados como alimentos alcalinos, sin embargo, los valores de pH de estos productos dependerán de la formulación y de cómo se combinen con otros ingredientes. Bohórquez et al. (2017) manifiestan que el almidón de achira posee un pH de 6, este resultado concuerda con el estudio realizado por Armando (2019) donde se especifica que el pH de las harinas de cultivos andinos varían de 5,85 a 6,41. En adición a lo anterior, se menciona que el huevo tiene un pH de 8, y el polvo de hornear 8,2, que en conjunto aportan estas propiedades a los muffins. Los resultados de pH observados se asemejan a los expuestos por Kim y Lee (2014) en bizcochos con camote morado, donde se presentaron valores de 7,11 a 7,69, volviéndose ligeramente alcalinos debido a una reacción química con el polvo de hornear y el calentamiento.

Con respecto a la acidez se puede evidenciar que la muestra achira presentó una mayor acidez con un valor de 0,066 % de ácido láctico y entre las muestras control y camote morado los valores fueron de 0,033 % y 0,042 % respectivamente, sin presentar diferencias significativas entre estas dos muestras ( $p > 0,05$ ), evidenciando una relación inversa entre el pH y la acidez. Estas ligeras diferencias de acidez pueden relacionarse con los ingredientes añadidos en la formulación como el yogur, huevos y las harinas de cultivos andinos (Salazar, Arancibia, Silva, et al., 2021). Según los estudios de Bastidas y De La Cruz (2010) & Bohórquez et al. (2017), el almidón de achira presentó una acidez de  $2,7 \times 10^{-4}$  % de ácido láctico, mientras que la harina de camote presentó una acidez de 0,096 %. Resultados similares se reportan en el estudio realizado por Park, Kim, y Park (2012), en magdalenas de camote morado con adición de harina de arroz, donde los valores de acidez oscilan de 0,16 a 0,17 %.

### **3.2.2 Actividad de agua**

La humedad de los muffins se ve relacionada con su actividad de agua ( $a_w$ ) y, por lo tanto, con su textura y tiempo de vida útil. El muffin control presentó un valor elevado de  $a_w$  con 0,93 lo cual indica que dicho producto tiene una cantidad relativamente alta de agua disponible. Esto podría sugerir que el producto sea propenso a la actividad microbiana y al deterioro. Sin embargo, la muestra de camote morado presentó una  $a_w$  de 0,85, lo cual indica un contenido de agua moderadamente bajo. Esto generalmente significa que el producto tiene menos agua disponible y, por lo tanto, podría ser menos propenso a la proliferación microbiana (Silva, 2019). Según Hongpan, Chainarong, y Kalawong (2021), los alimentos con una  $a_w$  de 0,85 suelen ser más estables desde el punto de vista microbiológico y pueden tener una vida útil más larga sin necesidad de refrigeración. Asimismo, la achira presentó una  $a_w$  de 0,90 indicando un nivel moderado de agua disponible. Este valor se encuentra en el rango intermedio y sugiere que el producto podría tener cierta propensión a la actividad microbiana (Salazar, Arancibia, Silva, et al., 2021). El deterioro microbiológico generalmente es producido por bacterias, levaduras y mohos en aquellos productos con una  $a_w$  superior a 0,85 (Portales, 2020).

### **3.2.3 Composición Proximal**

Los resultados de composición proximal de los muffins se presentan en la Tabla 4. Con respecto a los valores de humedad, estos no mostraron diferencias significativas



( $p > 0,05$ ) entre las muestras de achira y control, siendo aquellas que tuvieron mayor porcentaje de humedad en relación con la de camote morado. La muestra de achira posee mayor humedad respecto a la muestra elaborada con harina de camote morado debido probablemente a las condiciones de cultivo, variedades y condiciones de suelo (Kim y Lee, 2014). En adición a lo anterior, Bohórquez et al. (2017) mencionan que la humedad en muffins de achira se atribuye principalmente a la capacidad de retención de agua (CRA) de su almidón. Al ser considerado como uno de los almidones que presenta mayor contenido de amilosa en comparación con el camote, mayor será su CRA y, por lo tanto, mayor será su humedad. Estos resultados se asemejan a lo expuesto por Torres (2015) donde se reportó la humedad en muffins de achira con 31,64 % y de trigo con 26,18 %. Además, en el estudio de Ko y Seo (2010), en magdalenas con camote morado se reportan valores de humedad que van de 21,10 % a 21,84 %.

En relación con los resultados obtenidos de proteína, se evidenció que existen diferencias estadísticamente significativas entre las muestras ( $p < 0,05$ ), siendo la muestra de achira la que tuvo mayor cantidad con 13 %, seguido de la muestra control con 12,8 % y camote morado con 7,4 %. Dichos resultados se relacionan directamente con la naturaleza de la materia prima ya que según Rosero et al. (2020), las diferencias en el contenido de proteína pueden variar dependiendo de varios factores, como la variedad de la planta, el clima, zona geográfica, genética del producto, prácticas agrícolas, tipo de suelo, método de procesamiento, entre otros. En el estudio realizado por Armijos et al. (2020) se ha encontrado que el mayor contenido de proteína del camote fue en las variedades Pedrito y Zapallo con 8,45 y 7,30 % respectivamente, y en menor proporción el cultivar Toquecita con 5,25 %. Siendo valores similares a los reportados en esta investigación para camote morado. No obstante Guízar, Montañéz, y García (2008) mencionan que en otras variedades de camote provenientes de Turquía se han evidenciado que el contenido de proteínas oscila entre el 4,29 al 5,08 %, y del 4,13 % en la variedad Topera (pulpa blanca). Lo cual refleja que las variedades de tubérculos sí influyen en la cantidad de proteína obtenida.

En el estudio realizado por Salazar, Arancibia, Ocaña, et al. (2021) se emplearon mezclas de cultivos andinos para la obtención de muffins, donde se reportaron valores del 1,170 % al 2,340 % de proteínas en donde se incluyó harina de camote y achira,

también un 3,995 % en la muestra control (trigo). Además, dentro del estudio de Ruilova (2014) donde se utilizó una sustitución parcial de harina de trigo por almidón de achira, se obtuvo 9,58 % de proteínas y sin adición de almidón de achira el resultado fue de 9,07 %. Asimismo, en el estudio realizado por Corrales y Erazo (2011) en muffins con sustitución de 35 % de almidón de achira, se registró un contenido de 9,89 % y con una sustitución del 45 % de almidón de achira se obtuvo 9,32 % de proteína. Mientras que Torres (2015) en su estudio de cupcakes con harina de achira fortificado con harina de garbanzo se obtuvieron valores de 6,81 a 9,20 % de proteína y de 5 % para el control. Con lo cual se destaca que, en el presente estudio, las muestras de muffins de achira, control y camote superan los valores de proteína reportados en otras investigaciones.

En cuanto al contenido de grasa, existieron diferencias significativas entre las muestras ( $p < 0,05$ ). Se evidenció que el muffin con harina de camote morado presentó el mayor contenido de grasa con 9,96 %, seguido de C con 9,65 % y ACH con 9,17 %. Esto podría ser atribuido al contenido de grasa de las harinas en la formulación debido a que según Anchundia, Pérez, y Torres (2019) & Ruilova (2014), la harina de trigo tiene un contenido de grasa que oscila entre 1,5-2,5 % de grasa, el almidón de achira de 0,048-0,09 % y de camote morado de 0,27 a 0,37 %. Además, en la investigación realizada por Salazar, Arancibia, Silva, et al. (2021) en muffins con mezclas de cultivos andinos se obtuvieron valores que oscilan entre 2,15 % y 3,45 % de grasa. En el estudio de Curayag, Dizon, Hurtada, y Yildiz (2019), se presentaron valores superiores en muffins con camote morado (6,55 %), sin embargo, no superan los reportados en la presente investigación. Por lo tanto, estas diferencias también pueden atribuirse a los demás ingredientes añadidos en la formulación, como el aceite.

Con respecto al contenido de fibra dietética, la muestra de camote morado fue la que presentó mayor cantidad con 7,33 %, luego el control con 6,62 % y la muestra achira con 5,21 %. Según Toapanta (2023) estas variaciones dependen directamente de la composición y concentración de polisacáridos, oligosacáridos, lignina y sustancias asociadas que forman parte de la composición proximal de las harinas utilizadas. Armijos et al. (2020) menciona que, la fibra dietética comprende la fibra dietética soluble (FDS) y la fibra dietética insoluble (FDI). Se ha investigado que el mayor aporte de la fibra fue en la variedad de camote Toquecita con 2,66 % de FDS y 15,55

% de FDI; y en menor proporción el cultivar Zapallo con 2,06 % FDS y 11,78 % de FDI.

No obstante, en otra investigación se reportaron valores inferiores de FDT en harinas crudas de camote variedades blanca, morada y anaranjada con 5,02 %, 12,35 % y 5,51 % respectivamente (Vidal et al., 2018), según Siti y Ahmad (2017), la aplicación de procesos térmicos provoca cambios en la cantidad de nutrientes, aumentado o disminuyendo la concentración de ciertos componentes. En la investigación realizada por Curayag et al. (2019) se reportaron valores de 0,10 % de fibra en muffins y 0,60 % en panes con camote morado. Sin embargo, se evidenciaron valores superiores en el estudio realizado por Salazar, Arancibia, Silva, et al. (2021) en muffins con harinas de cultivos andinos, registrando valores de 5,89 % a 14,69 % de fibra. Siendo similares a los reportados en el presente estudio. Resulta importante considerar que un alimento puede declararse fuente de fibra si contiene como mínimo 6 g de fibra dietética por cada 100g, esto en concordancia con el Codex y el Reglamento (CE) N° 1924/2006 de la UE (Europea, 2006). En este sentido, el contenido de fibra de los muffins obtenidos en este estudio permitirá etiquetar a los productos como “Altos en fibra dietética”.

En el contenido de cenizas no se presentaron diferencias significativas entre las muestras de camote morado y achira ( $p > 0,05$ ), siendo las que contienen mayor cantidad de cenizas en comparación con el control. Dichas diferencias podrían ser atribuidas a la cantidad de sales minerales como calcio, hierro, fósforo, entre otros, que se encuentran en las harinas de los cultivos andinos estudiados (de 1,32 % a 1,89 % en harina de camote y 1,45 % en la harina de achira) (Vidal et al., 2018). En el estudio realizado por Yaruro et al. (2021), se realizaron magdalenas de camote morado y se evidenció un 1,79 % de cenizas, un valor similar se reportó en el estudio de Curayag et al. (2019) donde se registró un 1,86 % de cenizas en muffins y 1,15 % en pan con camote morado. Con lo cual se destaca que, en este estudio el contenido de cenizas fue superior.

Con respecto a los carbohidratos, la muestra de camote morado tuvo mayor cantidad con 50,69 % y, entre la muestra control y de achira no se presentaron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ). Estos resultados podrían atribuirse a las fuentes de carbohidratos presentes en los muffins, además de la relación con otros nutrientes como proteínas y grasas (Silva, 2019). En el estudio realizado por Siti y Ahmad (2017)

se evidenció un 31,11 % de carbohidratos en magdalenas con camote morado. Además, valores similares se registran en el estudio de Salazar, Arancibia, Ocaña, et al. (2021), donde el contenido de carbohidratos fue de 51,72 % en la muestra control, y de 39,80 % a 49,14 % en muffins con cultivos andinos como el camote y achira. Según Nguyen y Anh (2018) es importante considerar que el contenido de carbohidratos en el camote morado tiene un índice glucémico bastante bajo, lo cual indica que su almidón es de baja digestibilidad y provee energía de forma rápida a la células humanas sin los efectos negativos que acompañan a otros alimentos ricos en energía, como el trigo, arroz o maíz. Dichos resultados se relacionan con el aporte calórico total de los muffins con cultivos andinos, siendo más elevados en la muestra con camote morado, y, además, la muestra achira presentó el valor más alto de calorías de proteínas, evidentemente por contener mayor cantidad de proteína.

**Tabla 4.** Composición proximal, acidez, pH y actividad de agua de “muffins” elaborados con harina de trigo, camote morado y achira

| <b>Parámetros</b>                        | <b>Control</b>           | <b>Camote<br/>Morado</b> | <b>Achira</b>            |
|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <b>Humedad (%)</b>                       | 29,38±0,97 <sup>a</sup>  | 22,26±1,63 <sup>b</sup>  | 30,16±0,27 <sup>a</sup>  |
| <b>Proteína (%)</b>                      | 12,80±0,05 <sup>b</sup>  | 7,40±0,05 <sup>c</sup>   | 13,00±0,05 <sup>a</sup>  |
| <b>Grasa (%)</b>                         | 9,65±0,05 <sup>b</sup>   | 9,96±0,05 <sup>a</sup>   | 9,17±0,05 <sup>c</sup>   |
| <b>Cenizas (%)</b>                       | 1,45±0,31 <sup>b</sup>   | 2,36±0,08 <sup>a</sup>   | 2,31±0,11 <sup>a</sup>   |
| <b>Fibra dietética (%)</b>               | 6,62±0,05 <sup>b</sup>   | 7,33±0,05 <sup>a</sup>   | 5,21±0,05 <sup>c</sup>   |
| <b>Carbohidratos (%)</b>                 | 40,10±0,73 <sup>b</sup>  | 50,69±1,50 <sup>a</sup>  | 40,15±0,23 <sup>b</sup>  |
| <b>Calorías totales (Kcal/100g)</b>      | 298,47±1,20 <sup>b</sup> | 322,01±0,82 <sup>a</sup> | 295,14±0,35 <sup>b</sup> |
| <b>Calorías de la grasa (%)</b>          | 86,85±0,45 <sup>b</sup>  | 89,64±0,45 <sup>a</sup>  | 82,53±0,45 <sup>c</sup>  |
| <b>Calorías de proteína (%)</b>          | 51,20±0,20 <sup>b</sup>  | 29,60±0,20 <sup>c</sup>  | 52,00±0,20 <sup>a</sup>  |
| <b>pH</b>                                | 7,07±0,05 <sup>b</sup>   | 7,27±0,06 <sup>a</sup>   | 6,67±0,01 <sup>c</sup>   |
| <b>Acidez Titulable (%ácido láctico)</b> | 0,033±0,005 <sup>b</sup> | 0,042±0,005 <sup>b</sup> | 0,066±0,005 <sup>a</sup> |
| <b>a<sub>w</sub></b>                     | 0,93±0,01 <sup>a</sup>   | 0,85±0,00 <sup>b</sup>   | 0,90±0,00 <sup>a</sup>   |

Control (muffin control con 100 % harina de trigo), Camote Morado (muffin con 100 % harina de camote morado), Achira (muffin con 100 % harina de achira). Diferentes letras (a, b, c) indican diferencias significativas entre filas en cada composición, evaluada con prueba Tukey al 95 % de confianza.

### 3.2.4 Análisis de Textura

Los valores del análisis de perfil de textura (TPA) se presentan en la Tabla 4. No se evidencian diferencias significativas entre los parámetros de adhesividad, cohesividad y elasticidad ( $p > 0,05$ ), mientras que en dureza y masticabilidad si se presentan diferencias significativas ( $p < 0,05$ ). Los resultados obtenidos podrían atribuirse a la calidad de proteína que tienen las harinas de cultivos andinos (Salazar, Arancibia, Silva, et al., 2021). No obstante, las harinas de cultivos andinos a pesar de no contener gluten pueden presentar propiedades que las hacen comportarse de manera similar a la harina de trigo (Guanoluisa, 2020). Según López Ochoa, Cardona Betancur, y Rodríguez Sandoval (2017), la capacidad de retención de agua (CRA) que presenta la achira y el camote pueden influir en la adhesividad del producto final, debido a que una masa con una cantidad adecuada de humedad puede contribuir a una buena adhesividad, mientras que una masa demasiado seca o húmeda puede afectar negativamente la textura. Kim y Lee (2014) en bizcochos con camote morado, evidencian que el parámetro de adhesión tendió a disminuir en relación con el contenido de humedad.

El parámetro de adhesividad se relaciona con el contenido de humedad y fibra, ya que el camote morado y la achira retiene una gran cantidad de fibra y humedad, sin embargo, durante el tiempo de almacenamiento la fibra retiene agua reduciendo la pegajosidad de las muestras. En el estudio realizado por Silva (2019), en muffins con mezclas de cultivos andinos, se presentan valores de 0,385 (cohesividad) y 5,516 (elasticidad) para control; de 0,200 a 0,345 (cohesividad) y de 5,257 a 7,486 (elasticidad) para muffins con cultivos andinos. Valores similares son reportados por Ko y Seo (2010) en su estudio de muffins con adición de camote morado: 0,32 (cohesividad) y 0,76 (elasticidad) para control; de 0,28 a 0,33 (cohesividad) y de 0,64 a 0,72 (elasticidad) para muffins con adición de camote morado. En este estudio, los valores de cohesividad y elasticidad fueron superiores, posiblemente por el alto contenido de fibra y proteínas de los cultivos andinos ya que tienden a aumentar la firmeza y elasticidad de los productos de panificación resultantes (Salazar, Arancibia, Silva, et al., 2021).

Con respecto a los parámetros de dureza y masticabilidad, las muestras de achira y camote morad presentaron valores superiores en comparación con la muestra control.

Esto debido a la naturaleza de la materia prima. Al tratarse de productos con harinas de cultivos andinos, tienen composiciones diferentes en comparación con productos elaborados con harina de trigo. A menudo contienen más proteínas y carecen de gluten, lo cual puede afectar la estructura y textura del producto final (Armijos et al., 2020). Según Park et al. (2012), un mayor contenido de proteínas podría contribuir a la dureza del producto. Esto es evidente ya que, las muestras con cultivos andinos presentaron niveles altos de proteína, de igual manera, las harinas de estos cultivos tienen mayor cantidad de fibra, lo cual puede afectar la textura y hacer que los muffins sean más densos y duros, teniendo mayor resistencia al masticar. En relación con el estudio realizado por Kim y Lee (2014), en bizcochos con adición de camote morado, se mostró diferencias significativas dependiendo de la proporción de camote añadido, demostrando que este alimento es rico en fibra.

Según Anchundia et al. (2019), el aumento de la masticabilidad indica que se necesita más energía para masticar los alimentos sólidos. El aumento de la masticabilidad podría deberse al alto contenido de fibra dietética de la achira y el camote, debido a que la fibra dietética tiene una fuerte masticabilidad y alta capacidad de absorción de agua (Bohórquez et al., 2017). Además, Zhu y Sun (2019) mencionan que el aumento de la dureza en productos con camote morado podrían deberse al efecto que tiene de reducir la capacidad de retención de gas. Dado que este alimento no contiene gluten, la alta cantidad de fibra dietética y almidón forman una matriz diferente, reduciendo el contenido de gas. Resultados similares se reportaron en la investigación realizada por Ruolin (2020) en cupcakes elaborados con harina de camote morado, en donde los resultados mostraron que la sustitución de harina de camote aumentó la textura crítica de dureza (603,7 g) y masticabilidad (16,46 mJ) del cupcake con camote morado en comparación con el cupcake control trigo.

No obstante, en el estudio realizado por Park et al. (2012), se evidenció que las propiedades texturales fueron significativamente más bajas en aquellos grupos con harina de arroz agregada y superiores en los que contenían camote morado. Dentro de la investigación realizada por Hutasoit, Julianti, y Lubis (2018) en bizcochos, se menciona que aquellos productos con harina de trigo eran más ligeros que los bizcochos con camote morado, sin embargo, el producto era aceptado por los jueces que evaluaron el producto. Por otra parte, Kim y Lee (2014) en su estudio menciona

que el producto con camote morado presentó una textura suave y esponjosa, teniendo mejor CRA en comparación con el bizcocho normal. Esto se debe probablemente a que según Toapanta (2023), los azúcares del camote morado ayudan a mantener la esponjosidad y la textura jugosa del producto final, no obstante esto dependerá de la variedad de camote utilizada. Además, los azúcares naturales del camote pueden caramelizarse durante el horneado, proporcionando un sabor dulce y contribuyendo a la estructura y textura esponjosa del muffin (Vidal et al., 2018).

**Tabla 5.** Perfil de textura de “muffins” elaborados con harina de trigo, camote morado y achira

| <b>Parámetros</b>          | <b>Control</b>           | <b>Camote Morado</b>      | <b>Achira</b>              |
|----------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------|
| <b>Dureza (N)</b>          | 0,95±0,12 <sup>b</sup>   | 5,70±0,95 <sup>a</sup>    | 7,13±1,34 <sup>a</sup>     |
| <b>Dureza (g)</b>          | 97,00±12,28 <sup>b</sup> | 581,33±97,20 <sup>a</sup> | 726,75±136,21 <sup>a</sup> |
| <b>Adhesividad (mJ)</b>    | 0,17±0,15 <sup>a</sup>   | 0,03±0,06 <sup>a</sup>    | 0,23±0,29 <sup>a</sup>     |
| <b>Cohesividad</b>         | 1,25±0,23 <sup>a</sup>   | 1,32±0,29 <sup>a</sup>    | 1,24±0,17 <sup>a</sup>     |
| <b>Elasticidad</b>         | 1,62±0,41 <sup>a</sup>   | 1,51±0,21 <sup>a</sup>    | 1,71±0,19 <sup>a</sup>     |
| <b>Masticabilidad (mJ)</b> | 1,80±0,44 <sup>b</sup>   | 11,23±4,61 <sup>a</sup>   | 13,83±4,07 <sup>a</sup>    |

Control (muffin control con 100 % harina de trigo), Camote Morado (muffin con 100 % harina de camote morado), Achira (muffin con 100 % harina de achira). Diferentes letras (a, b, c) indican diferencias significativas entre filas en cada composición, evaluada con prueba Tukey al 95 % de confianza.

### 3.2.5 Tamaño de Alveolos

El número de alveolos registrados en las muestras de muffins se presentan en la Tabla 5. Se evidenció que la mayor cantidad de alveolos se registró en la muestra control y de achira, sin embargo, la muestra de camote morado también presentó un número significativo de alveolos. El diámetro de los alveolos más pequeños osciló entre 0,0053 y 0,0953 cm y se encontró en mayor cantidad en la muestra de achira seguido de la muestra control y la elaborada con harina de camote morado. Entre los alveolos más grandes que oscilaron de 0,6363 y 0,7253 cm, la muestra de camote morado fue la que tuvo mayor cantidad seguido de la muestra control y de achira. Los alveolos del grupo control eran en su mayoría, pequeños y uniformes, mientras que en las muestra con cultivos andinos, los alveolos eran pequeños e irregulares (Figura 4), además se

encontró que la fuerza de expansión era mayor en la muestra control, lo cual fue medido mediante observación visual y según la altura de los muffins que fue de aproximadamente 3 cm para control, 2 cm para camote morado y de 2,1 cm para achira.

Los resultados obtenidos se deben posiblemente a que el camote y la achira contienen relativamente más almidón que proteínas en comparación con otros cereales como el trigo (Muñoz et al., 2023). Además, según Sciarini, Steffolani, y León (2016), el gluten es un componente clave en la harina de trigo que desempeña un papel importante en la textura y esponjosidad de los productos horneados. El gluten es una proteína formada por la combinación de las proteínas insolubles glutenina y gliadina, presentes en el trigo y otros cereales (Yaruro et al., 2021). Cuando se mezcla harina de trigo con agua y se amasa, se forma una red de gluten, la cual tiene la capacidad de retener gases, generando alveolos en los productos. Es importante destacar que, la cantidad de alveolos encontrados en los muffins con cultivos andinos, al ser similares con el control pueden ser atribuidos a la cantidad y distribución de humedad en la masa.

**Tabla 6.** Número de alveolos registrados en “muffins” elaborados con harina de trigo, camote morado y achira

| N° | Intervalos de tamaño<br>(cm) | Número de alveolos |                  |        |
|----|------------------------------|--------------------|------------------|--------|
|    |                              | Control            | Camote<br>Morado | Achira |
| 1  | 0,0053 - 0,0953              | 51                 | 23               | 54     |
| 2  | 0,0953 - 0,1853              | 10                 | 8                | 11     |
| 3  | 0,1853 - 0,2753              | 7                  | 7                | 9      |
| 4  | 0,2753 - 0,3653              | 4                  | 2                | 3      |
| 5  | 0,3653 - 0,4553              | 2                  | 1                | 2      |
| 6  | 0,4553 - 0,5453              | 0                  | 0                | 0      |
| 7  | 0,5453 - 0,6353              | 1                  | 0                | 0      |
| 8  | 0,6353 - 0,7253              | 5                  | 9                | 1      |
|    | <b>Total</b>                 | 80                 | 50               | 80     |

Control (muffin control con 100 % harina de trigo), Camote Morado (muffin con 100 % harina de camote morado), Achira (muffin con 100 % harina de achira)



En el estudio realizado por Kim y Lee (2014) se menciona que el tamaño de los alveolos en bizcochos con camote morado disminuían ligeramente a medida que aumentaba la cantidad de camote, y las paredes de los poros se volvían más gruesas para retener más humedad, por lo que, la humedad aumentó incluso después de ser almacenados. Tal y como lo menciona Yaruro et al. (2021), la achira produce gránulos más grandes de almidón lo cual genera mayor poder de hinchamiento (capacidad del almidón para absorber agua), aunque este efecto también se podría explicar por el alto contenido de amilosa de la achira (Armijos et al., 2020). Esto a su vez refleja que los alveolos sean más irregulares en las muestras desarrolladas con harina de camote morado y achira, además de encontrar la presencia de algunos alveolos de mayor tamaño.



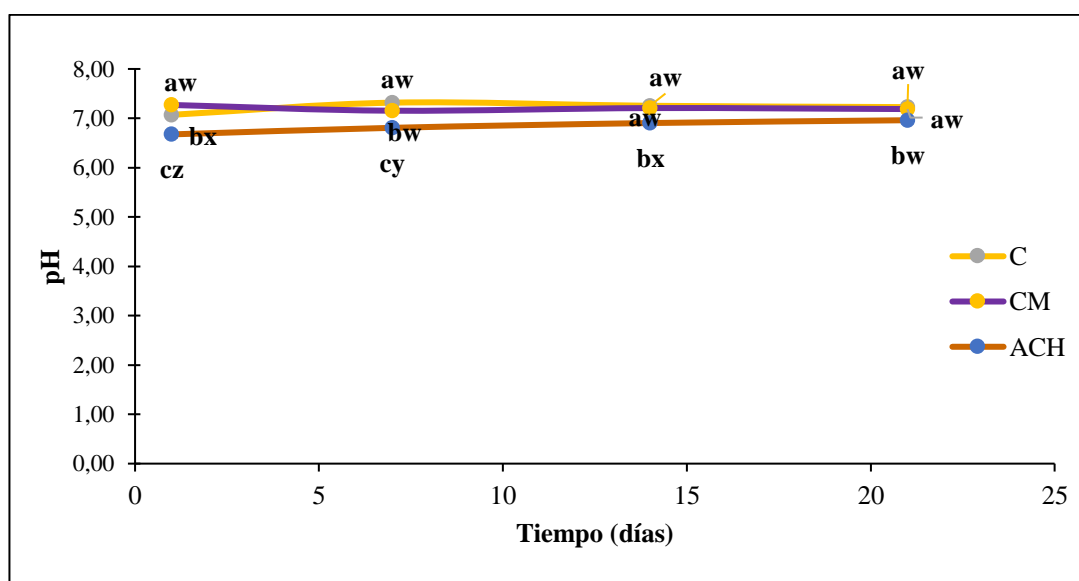
**Figura 4.** Imágenes del color de los muffins y de la estructura de la miga (A: control, B: camote morado, C: achira)

### 3.2.6 Evolución de pH, acidez y color durante el almacenamiento

En la Figura 5 se muestran los resultados de pH de los muffins durante 21 días de almacenamiento. Los muffins con harina de trigo (control) inicialmente mostraron un pH de 7,07, mientras que al día 7 se observó un ligero ascenso de pH, manteniéndose relativamente estable hasta el día 21, finalizando con un valor de 7,23. Por el contrario, la muestra con harina de camote morado inició con un pH de 7,27, presentando un ligero descenso de pH al día 7 y manteniéndose estable hasta el día 21. No se presentaron diferencias significativas a lo largo del tiempo en estas dos muestras ( $p > 0,05$ ). No obstante, la muestra con harina de achira mostró diferencias significativas a lo largo del tiempo, iniciado con un pH de 6,67 y finalizando con 6,96. Este ascenso y declive del pH según Idrovo (2010) & Vidal et al. (2018) podría relacionarse principalmente con la naturaleza de la materia prima utilizada, debido a que, tanto el

camote morado como el rizoma de achira contienen ácidos orgánicos como el ácido ascórbico que puede afectar el pH de los muffins.

Valores similares de pH se reportan en el estudio realizado por Park et al. (2012) en muffins con camote morado y sustitución parcial con harina de arroz, registrándose valores de 7,71 a 8,06. Además, según el estudio de Torres (2015) en cupcakes elaborados con harina de achira, se evidenció un comportamiento ascendente en relación con el porcentaje de sustitución (pH 5,7 a 75 %, 5,6 a 50 % y 5,9 a 25 % de sustitución de harina de achira), presentando un pH más bajo en relación con el cupcake testigo que tuvo un pH de 7,2. Por lo tanto, el pH de la muestra de achira tiende a ser ligeramente ácida al igual que en el presente estudio.

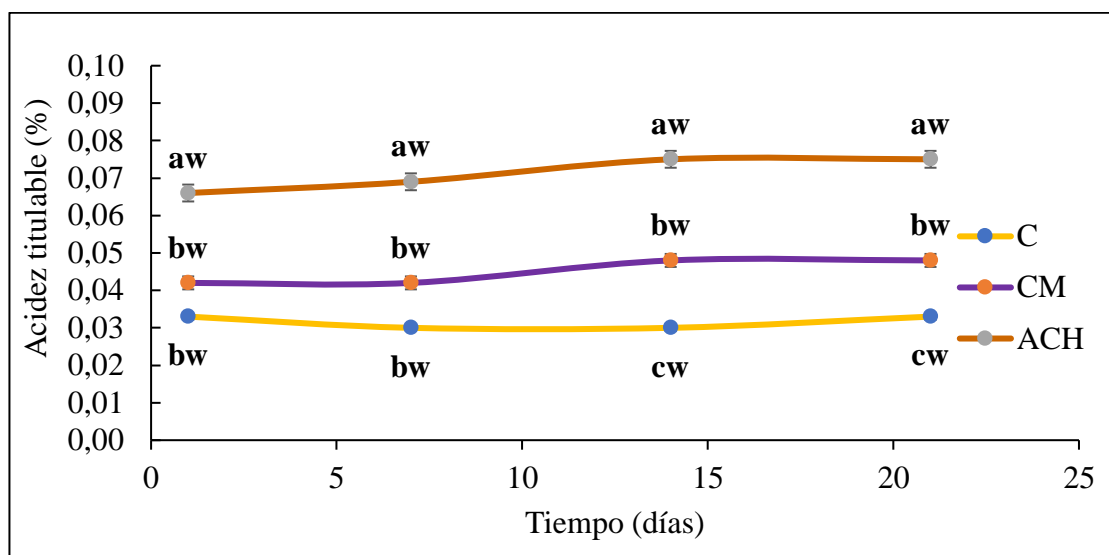


**Figura 5.** Evolución del pH de muffins (C: Control con 100 % de harina de trigo, CM: con 100 % de harina de camote morado y ACH: con 100 % de harina de achira) en función del tiempo de almacenamiento. Los resultados corresponden a las medias  $\pm$  desviación estándar de tres mediciones. Letras diferentes (a, b, c) indican diferencias significativas entre muestras al mismo tiempo ( $p < 0,05$ ), y letras diferentes (x, y, z) indican diferencias significativas por muestras en el tiempo ( $p < 0,05$ ).

Los valores de acidez expresados en % de ácido láctico no presentaron diferencias significativas a lo largo del tiempo de almacenamiento ( $p > 0,05$ ) en cada una de las muestras (Figura 6). Dichos valores se encuentran en un rango de 0,030 % a 0,075 % entre las diferentes muestras, siendo la muestra desarrollada con harina de achira la que más concentración de ácido láctico mostró, seguida de la muestra con harina de camote morado y el control. Esta diferencia puede deberse a los ingredientes en la

formulación, tal y como lo menciona Beret et al. (2022), el yogur es un ingrediente ácido que puede afectar el pH del muffin. Además de resaltar que el tubérculo de camote morado y la raíz achira poseen componentes como ácido fólico, ascórbico, entre otros, los cuales confieren esta característica (Cartabiano et al., 2020; Truong & Avula, 2010). Según los estudios de De León et al. (2023), la acidez del almidón de achira es de 0,05 % de ácido láctico. Mientas que Yaruro et al. (2021), reportaron que el almidón de achira presenta valores de acidez que oscilan entre 0,01 y 0,02 % dependiendo de la variedad.

Los resultados obtenidos en esta investigación se asemejan a los reportados por Silva (2019), en su estudio de muffins elaborados con mezclas de cultivos andinos, donde los tratamientos presentaron porcentajes de ácido láctico que oscilaron entre 0,05 % y 0,7 %, siendo más ácidas las muestras que contenían achira y camote en relación con las muestras que contenían oca o harina de trigo (0,056 %).

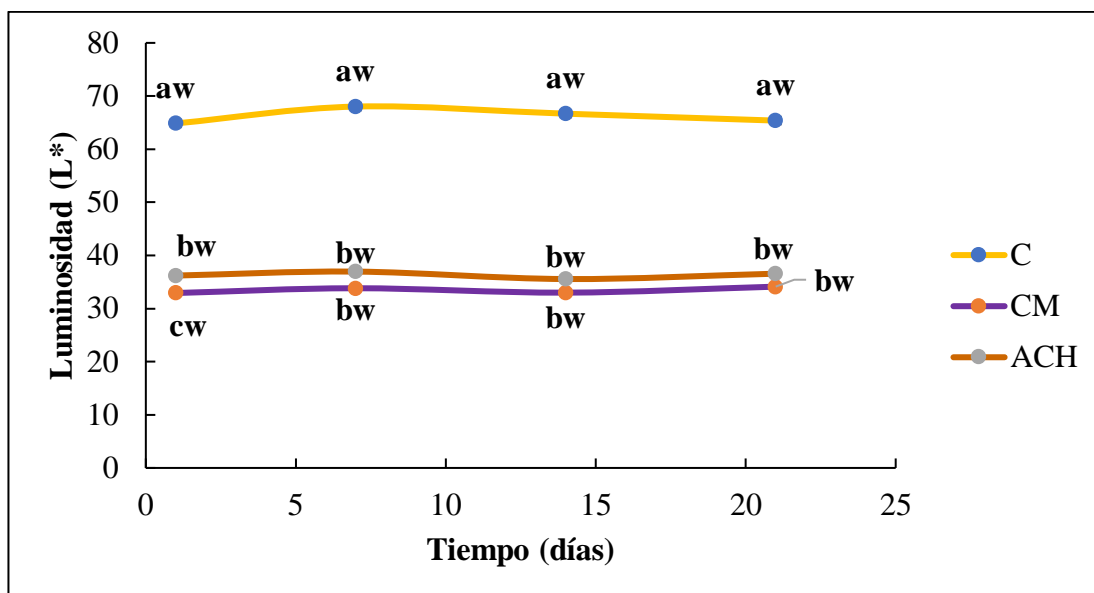


**Figura 6.** Evolución de la acidez de muffins (C: Control con 100 % de harina de trigo, CM: con 100 % de harina de camote morado y ACH: con 100 % de harina de achira) en función del tiempo de almacenamiento. Los resultados corresponden a las medias  $\pm$  desviación estándar de tres mediciones. Letras diferentes (a, b, c) indican diferencias significativas entre muestras al mismo tiempo ( $p < 0,05$ ), y letras diferentes (x, y, z) indican diferencias significativas por muestras en el tiempo ( $p < 0,05$ ).

El color es considerado un descriptor de calidad e influye en los parámetros visuales de los alimentos. Los resultados de color  $L^*$  (luminosidad),  $a^*$  (rojo/verde) y  $b^*$  (amarillo/azul) se presentan en las Figuras 7, 8 y 9 respectivamente, donde se puede evidenciar los cambios de coloración de las muestras de los muffins (miga) durante

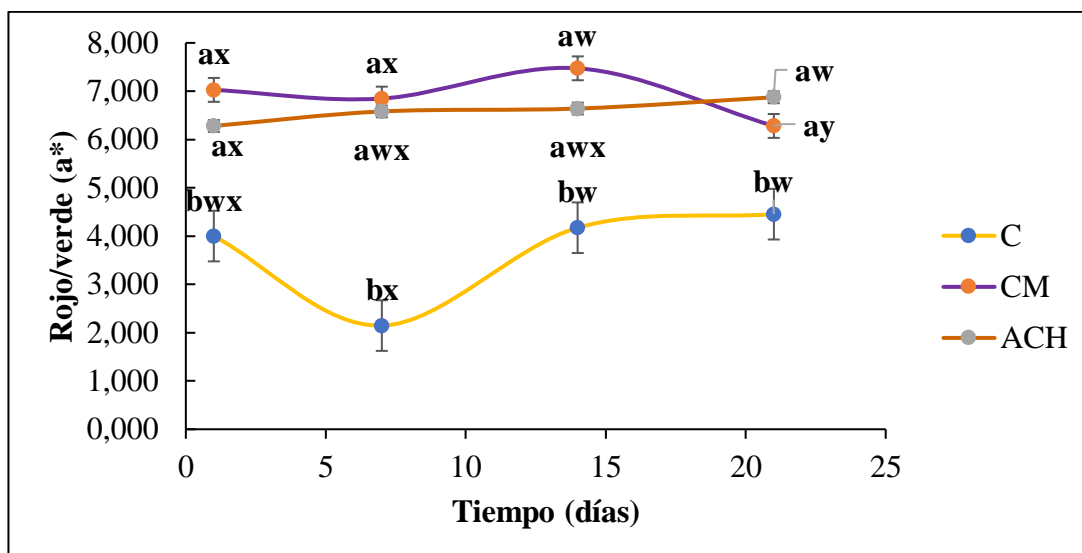
21 días de almacenamiento. Con respecto al parámetro luminosidad, al día 1 se presentaron diferencias significativas entre muestras ( $p < 0,05$ ), siendo el valor más alto en la muestra control con 64,840 y el más bajo en el muffin con harina de camote morado con 32,920. Sin embargo, no se presentaron diferencias significativas entre las muestras de camote morado y achira en los días posteriores (7, 14 y 21). En consecuencia, los valores tomaron una tendencia de baja luminosidad a diferencia de la muestra control, y se mantuvieron en el tiempo, sin presentar diferencias significativas ( $p > 0,05$ ). Esta diferencia se debe a que el color de los muffins con harinas de cultivos andinos es oscuro, similar a productos elaborados con chocolate. Según Siti y Ahmad (2017) esta característica se podría atribuir al contenido de azúcares y pigmentos como carotenoides y antocianinas presentes en el camote y la achira, que pueden provocar reacciones de pardeamiento.

Además, Silva (2019) informó que los carotenoides, principalmente del camote morado, al ser compuestos insaturados, son susceptibles a la isomerización y oxidación durante el procesamiento. Por lo tanto, se presume que esto tuvo efecto en la coloración de los muffins con camote morado y achira. Los resultados obtenidos concuerdan con los reflejados en el estudio de Park et al. (2012) donde se presentó la misma tendencia en magdalenas con adición de camote morado, demostrando que, cuanto más contenido de camote se añadía, menor era la luminosidad. Resultados similares también se evidenciaron en el estudio realizado por Ko y Seo (2010) en bizcochos de camote morado, mostrando una luminosidad baja al igual que achira puesto que se cree que el color marrón rojizo está causado por el pigmento rojo antocianina. Los resultados del estudio de muffins fueron coherentes en el sentido de que, el valor del brillo disminuía a medida que aumentaban el valor de rojos ( $a^*$ ) en las muestras de muffins con harina de camote morado y de achira (Hongpan et al., 2021).



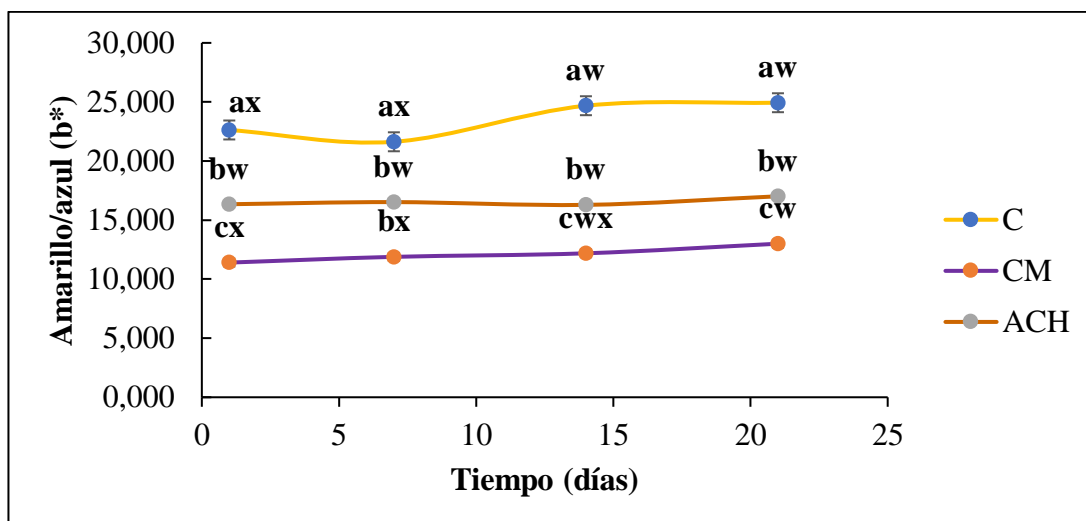
**Figura 7.** Evolución del parámetro de luminosidad ( $L^*$ ) en la miga de muestras de muffins con cultivos andinos; valores de medias  $\pm$  desviación estándar. Medias con letras diferentes (a, b, c) indican diferencias significativas entre muestras al mismo tiempo ( $p < 0,05$ ). Medias con letras diferentes (x, y, z) indican diferencias significativas por muestra en el tiempo ( $p < 0,05$ ).

En relación con la tendencia a los rojos, se puede evidenciar en la Figura 8 que en el día 1 existen diferencias significativas entre las muestras analizadas ( $p < 0,05$ ). Las muestras de muffin con camote morado y achira presentaron valores superiores en comparación con el control, presentando diferencias significativas a lo largo del tiempo de almacenamiento ( $p > 0,05$ ). Esto debido a los componentes presentes en las materias primas, tal y como lo menciona Kim y Lee (2014), en bizcochos con camote morado. La presencia de antocianinas en el camote influye en la pigmentación del producto. Además, Park et al. (2012), en su estudio de magdalenas con camote morado, menciona que el aumento del enrojecimiento se atribuyó a las reacciones de caramelización, obteniendo valores similares a los reportados en este estudio, ya que oscilan entre 4,3 a 3,7 (descendente) para control y de 5,9 a 5,5 (ascendente) para camote. Según la cromaticidad anterior, los productos se pueden almacenar a temperatura ambiente hasta el final del día, ya que el cambio de color es mínimo.



**Figura 8.** Análisis de color rojos/verdes ( $a^*$ ) en la miga de muestras de muffins con cultivos andinos. Medias con letras diferentes (a, b, c) indican diferencias significativas entre muestras al mismo tiempo ( $p < 0,05$ ). Medias con letras diferentes (x, y, z) indican diferencias significativas por muestra en el tiempo ( $p < 0,05$ ).

En relación con la tendencia a los amarillos, se puede evidenciar en la Figura 9 que existen diferencias significativas entre las tres muestras analizadas ( $p < 0,05$ ). Las muestras de muffin con harina de camote morado y achira presentaron valores inferiores en comparación con el control. Esto debido a la presencia de carotenoides y flavonoides presentes en el camote y achira (Bohórquez et al., 2017; Vidal et al., 2018). En el estudio realizado por Kim y Lee (2014) en bizcochos, se reportan valores similares, ya que oscilan de 19,9 a 21,0 para trigo y de 4,1 a 4,4 en muestras con una concentración de 30% de camote morado. Según Park et al. (2012), en magdalenas con boniato morado y harina de arroz, la amarillez disminuyó al aumentar la cantidad de adición, teniendo un valor de 10,89, similar al obtenido en este estudio. En este sentido, se puede destacar que, el mayor índice de amarillez tuvo la muestra control, debido a que las demás muestras presentaron una coloración oscura debido a la naturaleza de la materia prima utilizada para la elaboración de muffins en este estudio.



**Figura 9.** Análisis de color amarillos/azules (b\*) en la miga de muestras de muffins con cultivos andinos. Medias con letras diferentes (a, b, c) indican diferencias significativas entre muestras al mismo tiempo ( $p < 0,05$ ). Medias con letras diferentes (x, y, z) indican diferencias significativas por muestra en el tiempo ( $p < 0,05$ ).

### 3.3 Análisis sensorial

Los resultados obtenidos a partir de la evaluación sensorial de los muffins elaborados con harinas de cultivos andinos se muestran en la Figura 10. En dicho análisis se llevó a cabo una prueba hedónica en donde se consideraron los parámetros de apariencia, color, olor, textura, sabor y aceptabilidad. Las muestras con mayor aceptación fueron los muffins que contenían camote morado, seguido del control, siendo las más valoradas. Mientras que, las muestras con valores de aceptación menores fueron las que contenían achira ya que los catadores las describieron como insípidas. De León et al. (2023) menciona que la achira generalmente se consume por su textura almidonada y no se caracteriza por tener un sabor particularmente dulce. Sin embargo, la percepción del dulzor puede variar entre las variedades específicas de los cultivos andinos, así como en función de cómo se preparan y cocinen. Salazar, Arancibia, Silva, et al. (2021) añaden que la aceptabilidad de los productos sin gluten va a depender principalmente de los ingredientes incorporados y de su concentración. Además, las altas concentraciones de fibra, superiores al 3 %, suelen ser perjudiciales para las propiedades sensoriales.

Estos resultados de asemejan con los reportado por Kim y Lee (2014) en su estudio de bizcochos con camote morado, siendo los más preferidos por los panelistas, en

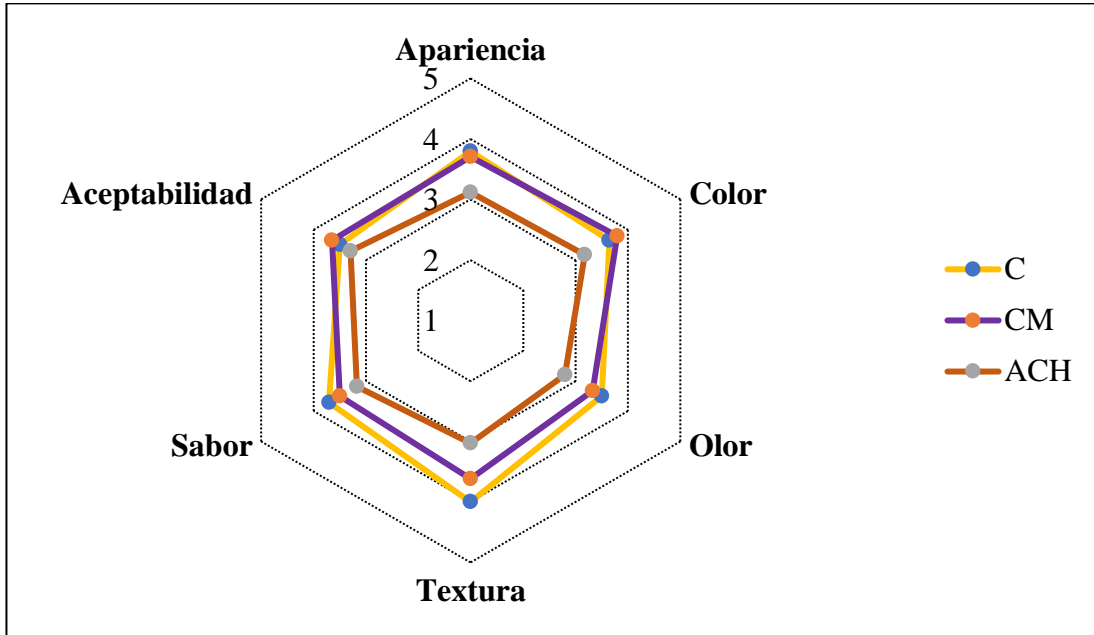
términos de sabor y preferencia general. Esto podría atribuirse al sabor natural, característico del camote morado. Según Aliaga y Nieto (2009), cuando se calienta el camote, la  $\alpha$ -amilasa se descompone en dextrina y la  $\beta$ -amilasa se descompone en maltosa. Por lo tanto, a medida que aumenta el contenido de camote morado, retienen más humedad y tienen un sabor más dulce en los productos finales. Además, en el estudio de Siti y Ahmad (2017), los panelistas mostraron preferencia por la apariencia de las magdalenas que contenían camote y no el control. Los valores de apariencia fueron buenos debido a que los productos con camotes horneados tienen un mejor aspecto que cuando se calientan en microondas (Šlosár et al., 2019).

En adición a lo anterior, dentro del estudio de Park et al. (2012) en muffins con camote morado con adición de harina de arroz se menciona que los resultados de evaluación sensorial mostraron mayor valoración en los parámetros de sabor y aspecto en las muestras con 75 % de harina de camote morado y 25 % de harina de arroz. Resultados similares se obtuvieron en el estudio realizado por Ruilova (2014) en magdalenas con harina de camote morado, en donde se indicó que existe un alto potencial para que el producto sea aceptado en el mercado por el público en general. Tal y como se demostró en este estudio, las muestras de camote y control fueron las más valoradas también por su apariencia y color.

La muestra de achira tuvo menor preferencia, catalogándola como “No me gusta ni me disgusta”. No obstante, según el estudio realizado por Torres (2015), se obtuvo una mayor aceptación en cupcakes con concentraciones de 50 % de harina de achira, seguido de un 75 % y 25 % de sustitución. En el estudio realizado por Ruilova (2014) en cupcakes con almidón de achira, se obtuvieron valores muy buenos en cuanto a color, a medida que se incrementa el porcentaje de almidón de achira. En pastelería, la responsable de la coloración de estos productos es el azúcar, que ayuda a caramelizar la corteza durante la cocción. Con respecto al sabor, se mostraron valores de muy bueno a excelente, con lo cual se dedujo que las características del almidón de achira resultaron apropiadas para el efecto ligante y de sabor. Yaruro et al. (2021) mencionan que, a medida que se incrementa el porcentaje de almidón de achira, aumenta la calidad de apariencia hasta el 50 %. En el estudio de Naula (2016) se menciona que la mayor aceptación por parte de 18 panelistas fue con 50 %, 60 % y 75 % . Los panelistas respondieron “me gusta mucho” ya que el pan presentó un color característico de un



producto fresco y bien cocido. Por lo tanto, se evidencia el potencial de los productos elaborados en este estudio, añadiendo que los catadores pueden asociar estos productos con otros que contienen chocolate o similares.



**Figura 10.** Perfil sensorial de los muffins elaborados con harina de Cultivos andinos. C: muffin control con 100%harina de trigo, CM: muffin con 100% harina de camote morado), ACH: muffin con 100% harina de achira.

## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1 Conclusiones

- Los resultados de la investigación permitieron determinar la mejor concentración de las harinas de cultivos andinos, siendo la formulación con 65 % en fase líquida y 35% en fase sólida (harina) la que mejores resultados presentaron. Las propiedades tecnológicas y funcionales de estas harinas favorecieron la elaboración de productos de pastelería tipo muffins, con un equilibrio adecuado en dulzor, especialmente al utilizar harina de camote morado. Además, se logró elaborar muffins estables y esponjosos, similares a la muestra control. Estos productos podrían poseer características funcionales por su alto contenido de proteínas y fibra, así como por la presencia de antocianinas y carotenoides.
- El análisis de los productos elaborados con harinas de cultivos andinos reveló que la muestra que contenía achira fue la más ácida, con un nivel de pH inferior, sin embargo, superó los valores nutricionales de proteína. Las muestras con cultivos andinos tuvieron mayor contenido de cenizas y grasas. Además, los productos obtenidos podrán catalogarse como “altos en fibra dietética” al presentar valores superiores al 3 %. Así mismo, las muestras de achira y camote presentaron gran cantidad alveolos, lo que refleja su calidad, y, a pesar de obtener los valores más altos de dureza y masticabilidad, estas muestras fueron elásticas, permitiendo mantener la humedad al interior de los muffins.
- La evaluación sensorial permitió determinar que las muestras que contenían camote morado obtuvieron una media superior en los valores de aceptabilidad, siendo la mejor valorada entre los catadores. El contenido de azúcares y el tipo de carotenoides de estos cultivos incidieron en el color, con mayor apreciación en la muestra de camote morado, tomando una coloración agradable, similar a la de un chocolate. Por otro lado, la muestra de achira fue la menos valorada al ser catalogada como insípida por los catadores. No obstante, una vez familiarizados con los productos elaborados es posible que estos sean más aceptados debido a sus propiedades funcionales.

## **4.2 Recomendaciones**

- Utilizar un endulzante natural para mejorar el sabor de los muffins con harina de achira, dado que su sabor no fue atractivo para la mayoría de los catadores.
- Se pueden realizar pruebas microbiológicas para establecer el tiempo de vida útil de los muffins con harina de cultivos andinos.
- Se recomienda evaluar el uso de conservantes naturales para alargar el tiempo de vida útil de los productos.

## MATERIALES DE REFERENCIA

### Referencias Bibliográficas

- Aggarwal, D., Sabikhi, L., y Sathish Kumar, M. H. (2016). Formulation of reduced-calorie biscuits using artificial sweeteners and fat replacer with dairy–multigrain approach. *NFS Journal*, 2, 1-7. doi:10.1016/j.nfs.2015.10.001
- Aliaga, P., y Nieto, C. (2009). Contenido de azúcares en raíces reservantes de 106 clones de camote (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) de la colección de germoplasma. *Anales científicos UNALM*, 70(2), 1-10.
- Anchundia, M. Á., Pérez, E., y Torres, F. (2019). Composición química, perfil de aminoácidos y contenido de vitaminas de harinas de batata tratadas térmicamente. *Revista chilena de nutrición*, 46(2), 137-143. doi:10.4067/s0717-75182019000200137
- Andrade-Mahecha, M. M., Tapia-Blácido, D. R., y Menegalli, F. C. (2012). Physical–chemical, thermal, and functional properties of achira (*Canna indica* L.) flour and starch from different geographical origin. *Starch-Stärke*, 64(5), 348-358.
- Official Methods of Analysis 16th Edition. Total Dietary in Foods-Enzymatic Gravimetric Method, 16th C.F.R. (1997).
- Official Methods of Analysis 18th Edition, (2005).
- Armando, I. (2019). *Caracterización Físicoquímica, Nutricional y Reológica de Cultivos Andinos Infrautilizados*. (Tesis de pregrado), Universidad Técnica de Ambato, Ecuador. Recuperado de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/30002/1/AL%20707.pdf>
- Armijos, G., Villacrés, E., Quelal, M., Cobeña, G., y Álvarez, J. (2020). Evaluación físico-química y funcional de siete variedades de comote provenientes de Manabí-Ecuador. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 21(2).
- Basantés, F., Aragón, J. P., y Albuja, M. (2022). *Cultivos Andinos de importancia agro productiva y comercial en la Zona 1 del Ecuador*. Ibarra, Ecuador: Editorial UTN
- Bastidas, S., y De La Cruz, S. (2010). *Utilización de Harina de Camote (Ipomea Batatas) en la Elaboración de Pan*. (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil-Ecuador. Recuperado de

<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/14430/3/TESIS%20FINANCIAL%20ST.pdf>

- Benavides, A. (2011). *El camote valor nutricional y sus usos en la repostería*. (Tesis de pregrado), Universidad Técnica del Norte, Ibarra-Ecuador. Recuperado de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/1219/1/06%20GAS%20008%20TITULO%20DE%20LA%20TESINA.pdf>
- Beret, V., Vénica, C., Rebechi, S., Caballero, S., Pozza, L., Spotti, L., . . . Perotti, C. (2022). Estrategias tecnológicas para obtener yogur alto en proteínas. Influencia sobre parámetros fisicoquímicos y de textura. *Congreso Latinoamericano de Ingeniería y Ciencias Aplicadas*.
- Bohórquez, Y., Bonilla, M., Pérez, I., Quintero, S., y Vargas, J. (2017). Caracterización y potencial uso de la raíz achira (*Canna Edulis Ker*). *Vía Innova*, 4(1), 89-97. doi:10.23850/2422068X.1184
- Cando, S. (2019). *Determinación de propiedades térmicas de zanahoria blanca (Arracacia xanthorrhiza), melloco amarillo (Ullucus tuberosus), papa china (Colocasia esculenta) y achira (Canna edulis)*. (Tesis de pregrado), Universidad Técnica de Amabato, Ecuador. Recuperado de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/30558/1/AL%20724.pdf>
- Cartabiano, C., Ornella, P., y Casas, A. (2020). Sweet potato (*Ipomoea batatas L. Lam*) nutritional potential and social relevance: a review. *International Journal of Engineering Research and Applications* 10(6), 23-40. doi:10.9790/9622-1006082340
- Chaparro, S., Romero, W., y Rodríguez, M. (2020). Caracterización del almidón de sagú (*Canna indica*) fermentado para la implementación de procesos agroindustriales. *Rev Sist Prod Agroecol*, 11(2), 23-50.
- Corrales, J., y Erazo, R. (2011). *Influencia del almidón de achira (Canna edulis ker) para elaboración de muffins adicionando leche (Vaca, Soya) y edulcorantes (Azúcar, Panela)*. (Tesis de pregrado), Universidad Técnica del Norte, Ibarra-Ecuador. Recuperado de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/553/2/03%20AGI%20244%20TESIS.pdf>
- Curayag, Q. A. L., Dizon, E. I., Hurtada, W. A., y Yildiz, F. (2019). Antioxidant activity, chemical and nutritional properties of raw and processed purple-

- fleshed sweet potato (*Ipomoea batatas* Lam.). *Cogent Food & Agriculture*, 5(1). doi:10.1080/23311932.2019.1662930
- De León, C. M., Noriega, D., Villavicencio, C., Fierro, L., y Echavarría, A. P. (2023). Evaluación de las propiedades fisicoquímicas y funcionales del almidón de achira (*Canna edulis* ker). *Facsalud-Unemi*, 7(12), 44-51. doi:10.29076/issn.2602-8360vol7iss12.2023pp44-51p
- Dizlek, H., y Altan, A. (2015). Determination of sponge cake volume with a mathematical method. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 7(4), 551-557. doi:10.3920/qas2014.0463
- Dutcosky, S. D. (2011). *Análisis sensorial de alimentos* (3a ed.). Curitiba.
- Espinosa, P., Vaca, R., Abad, J., y Crissman, C. (1996). *Raíces y tubérculos andinos cultivos marginados en el Ecuador* (E. ABYA-YALA Ed.). Quito-Ecuador.
- CE. Reglamento (CE) n° 1924/2006 del parlamento Europeo y del Consejo de 20 de diciembre de 2006, (2006).
- Fonseca-Florido, H., Méndez-Montealvo, G., Velazquez, G., y Gómez-Aldapa, C. (2016). Thermal study in the interactions of starches blends: Amaranth and achira. *Food Hydrocolloids*, 61, 640-648.
- Fuentes, L., Acevedo, D., Chantré, C. A., y Gelvez, V. M. (2015). Alimentos Funcionales: Impacto Y retos Para El Desarrollo Y Bienestar De La Sociedad Colombiana. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 13(2). doi:10.18684/bsaa(13)140-149
- Goswami, D., Gupta, R. K., Mridula, D., Sharma, M., y Tyagi, S. K. (2015). Barnyard millet based muffins: Physical, textural and sensory properties. *LWT - Food Science and Technology*, 64(1), 374-380. doi:10.1016/j.lwt.2015.05.060
- Grau, A. (2014). *Uso industrial de aditivos alimentarios en la absorción de productos de panificación y pastelería*. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca-Perú. Recuperado de <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/361/T%20Q05%20G774%202014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Guambo, M. (2023). *Aplicación de tres niveles de ají en polvo en Camote Deshidratado*. (Tesis de pregrado), Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba-Ecuador. Recuperado de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/19093/1/27T00635.pdf>

- Guanoluisa, D. (2020). *Determinación de compuestos bioactivos y tiempo de vida útil de una masa para pizza elaborada a partir de cultivos andinos y residuos agroindustriales*. (Tesis de pregrado), Universidad Técnica de Ambato, Ambato-Ecuador. Recuperado de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/31575/1/AL%20755.pdf>
- Guízar, A., Montañéz, J., y García, I. (2008). Parcial caracterización de nuevos almidones obtenidos del tubérculo de e camote del cerro (*Dioscorea spp*). *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 9(1), 81-88.
- Gusque, N. (2022). *Utilización de harina de camote toquecita (*Ipomoea batatas L.*) para la elaboración de pasta larga*. (Tesis de pregrado), Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba-Ecuador. Recuperado de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/17807/1/27T00552.pdf>
- Hongpan, N., Chainarong, K., y Kalawong, S. (2021). Study of Partial Substitution Levels of Wheat Flour with Purple Sweet Potato Puree on Qualities of Brownies. *Burapha Science Journal*, 26(3), 1-17.
- Hussain, S. Z., Beigh, M. A., Qadri, T., Naseer, B., y Zargar, I. (2019). Development of low glycemic index muffins using water chestnut and barley flour. *Journal of Food Processing and Preservation*, 43(8). doi:10.1111/jfpp.14049
- Hutasoit, M. S., Julianti, E., y Lubis, Z. (2018). Effect of pretreatment on purple-fleshed sweet potato flour for cake making. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 122. doi:10.1088/1755-1315/122/1/012086
- Idrovo, W. (2010). *Estudio de factibilidad para la producción y comercialización de harina de achira (*Canna edulis*) en el Cantón Loja*. (Tesis de pregrado), Escuela Politécnica Nacional, Loja-Ecuador. Recuperado de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1292/1/CD-2663.pdf>
- INEN. (2015). *Mezclas alimenticias. Requisitos*. Quito. Recuperado de [http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/01/nte\\_inen\\_3084.pdf](http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/01/nte_inen_3084.pdf)
- Determinación de actividad de agua, 18787 C.F.R. (2017).
- Jacobsen, S., Mujica, A., y Ortiz, R. (2003). La importancia de los cultivos andinos. *Fermentum. Revista Venezolana de Sociología y Antropología*, 13, 14-24.

- Kim, J.-H., y Lee, K. J. (2014). Quality Characteristics of Sponge Cake Added with Purple Sweet Potato Depending on Various Shelf-Life. *The Korean Journal of Food And Nutrition*, 27(4), 558-569. doi:10.9799/ksfan.2014.27.4.558
- Ko, S.-H., y Seo, E.-O. (2010). Quality Characteristics of Muffins Containing Purple Colored Sweetpotato Powder. *Journal East Asian Soc Dietary Life*, 20(2), 272-278.
- Lara, S. (2013). *Uso y difusión del camote como producto principal en preparación de repostería ciudad de Riobamba 2013*. (Tesis de pregrado), Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba-Ecuador. Recuperado de <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/9671/1/84T00256.pdf>
- Lema, S. (2021). *Estudio de pre-factibilidad para la creación de una planta procesadora de harina de mashua e el sur de la ciudad de Guayaquil*. (Tesis de pregrado), Universidad Agraria del Ecuador, Guayaquil-Ecuador. Recuperado de <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/LEMA%20LOPEZ%20STHEFANIA%20OLISSETTE.pdf>
- López Ochoa, J. D., Cardona Betancur, M., y Rodríguez Sandoval, E. (2017). Efecto del ácido fumárico en las características de calidad de muffins. *Revista Lasallista de investigación*, 14(2), 9-19. doi:10.22507/rli.v14n2a1
- Machado Alencar, N. M., Steel, C. J., Alvim, I. D., de Moraes, E. C., y Andre Bolini, H. M. (2015). Addition of quinoa and amaranth flour in gluten-free breads: Temporal profile and instrumental analysis. *LWT - Food Science and Technology*, 62(2), 1011-1018. doi:10.1016/j.lwt.2015.02.029
- Morocho, J. (2013). *La achira y su aplicación en la cocina de tendencia vanguardista*. (Tesis de pregrado), Universidad de Cuenca, Cuenca-Ecuador. Recuperado de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/1599/1/Trabajo%20de%20titulación.pdf>
- Muñoz, A. M., Jimenez, D., Conteras, E., Fernandez, Y., Best, I., Aguilar, L., y Ramos, F. (2023). Valorization of extracts of Andean roots and tubers and its byproducts: bioactive components and antioxidant activity in vitro. *Food Research*, 7(4), 55-63. doi:10.26656/fr.2017.7(4).002
- Naula, 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*. (Tesis de pregrado), Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba-Ecuador. Recuperado de [http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4954/1/56T00626%20UDC TFC.pdf](http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4954/1/56T00626%20UDC%20TFC.pdf)
- Nguyen, V. T., y Anh, N. V. Q. (2018). Preparation and Improved Quality Production of Flour and the Made Biscuits from Purple Sweet Potato. *Journal of Food and Nutrition*, 4(1), 1-14.
- Park, G.-S., Kim, K.-E., y Park, S.-Y. (2012). Quality Characteristics of Purple Sweet Potato Muffins Containing Rice Flour. *The Korean Society of Food Preservation*, 19(6), 833-840.
- Portales, S. (2020). *Estudio de la calidad microbiológica de panes de distintos orígenes*. (Tesis de máster). Universidad de Valladolid, Palencia. Recuperado de <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/49306/TFM-L543.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Restrepo, D. (2018). *Caracterización de ácidos grasos y ácidos grasos trans en mashua (Tropaeolum tuberosum) frita*. (Tesis de pregrado), Universidad del Azuay, Cuenca-Ecuador. Recuperado de <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/8406/1/14126.pdf>
- Rinaldoni, A. N., Palatnik, D. R., Zaritzky, N., y Campderrós, M. E. (2014). Soft cheese-like product development enriched with soy protein concentrates. *LWT - Food Science and Technology*, 55(1), 139-147. doi:10.1016/j.lwt.2013.09.003
- Rodríguez, G., López, J. F., y Volveras, B. (2022). Efecto de la fertilización sobre el rendimiento de rizoma y almidón de achira (*Canna edulis*, Ker) en Nariño, Colombia. *Agronomía Mesoamericana*. doi:10.15517/am.v33i3.48583
- Rosero, A., Sierra, C., Pastrana, I., Granda, L., Pérez, J.-L., Martínez, R., . . . De Paula, C. (2020). Genotypic and environmental factors influence the proximate composition and quality attributes of sweetpotato (*Ipomoea batatas* L.). *Agriculture & Food Security*, 9(1). doi:10.1186/s40066-020-00268-4
- Ruilova, M. P. (2014). *Influencia de la sustitución parcial de harina de trigo (Triticum aestivum L.) por almidón de achira (Canna Edulis) en las características calóricas, físico-químicas y organolépticas del cupcake*. (Tesis de pregrado), Universidad Estatal Amazónica, Puyo-Ecuador. Recuperado de

<https://repositorio.uea.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/644/T.AGR OIN.B.UEA.0022?sequence=3&isAllowed=y>

- Ruolin, H. (2020). *Investigation of nutritional content, texture analysis, and sensory evaluation of steamed cupcakes produced from gluten-free purple sweet potato flour*. (Tesis de pregrado). Coventry University. Recuperado de [https://www.researchgate.net/profile/Ruolin\\_Hou/publication/356528774\\_Investigation\\_of\\_nutritional\\_content\\_texture\\_analysis\\_and\\_sensory\\_evaluation\\_of\\_steamed\\_cupcakes\\_produced\\_from\\_gluten-free\\_purple\\_sweet\\_potato\\_flour/links/619f79d5f1d62445716a5a6f/Investigation-of-nutritional-content-texture-analysis-and-sensory-evaluation-of-steamed-cupcakes-produced-from-gluten-free-purple-sweet-potato-flour.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Ruolin_Hou/publication/356528774_Investigation_of_nutritional_content_texture_analysis_and_sensory_evaluation_of_steamed_cupcakes_produced_from_gluten-free_purple_sweet_potato_flour/links/619f79d5f1d62445716a5a6f/Investigation-of-nutritional-content-texture-analysis-and-sensory-evaluation-of-steamed-cupcakes-produced-from-gluten-free-purple-sweet-potato-flour.pdf)
- Salazar, D., Arancibia, M., Ocaña, I., Rodríguez-Maecker, R., Bedón, M., López-Caballero, M. E., y Montero, M. P. (2021). Characterization and Technological Potential of Underutilized Ancestral Andean Crop Flours from Ecuador. *Agronomy*, *11*(9). doi:10.3390/agronomy11091693
- Salazar, D., Arancibia, M., Silva, D. R., López-Caballero, M. E., y Montero, M. P. (2021). Exploring the Potential of Andean Crops for the Production of Gluten-Free Muffins. *Agronomy*, *11*(8). doi:10.3390/agronomy11081642
- Sciarini, L., Steffolani, M., y León, A. (2016). El rol del gluten en la panificación y el desafío de prescindir de su aporte en la elaboración de pan. *AgriScientia*, *33*(2), 61-74.
- Silva, D. R. (2019). *Aprovechamiento de cultivos andinos tradicionales infrautilizados para el desarrollo de un producto de pastelería tipo muffin*. (Tesis de pregrado), Universidad Técnica de Ambato, Ambato-Ecuador. Recuperado de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/29413/1/AL%20701.pdf>
- Siti, N., y Ahmad, I. (2017). The Characteristics Of Muffin From Resistant Starch-Rich Purple Sweet Potato Flour. *Majalah Teknologi Agro Industri*, *9*(2), 1-10.
- Šlosár, M., Hegedúsová, A., Hegedús, O., Mezeyová, I., Farkaš, J., y Golian, M. (2019). The evaluation of selected qualitative parameters of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) in dependence on its cultivar. *Potravinárstvo Slovak Journal of Food Sciences*, *13*(1), 131-137. doi:10.5219/1036

- Takahama, M., Noda, T., Ueno, R., Munekata, S., y Araki, H. (2021). Evaluation of eating quality and starch properties of sweet potato produced in northern Japan. *Acta Horti* 1312, 591-598. doi: 10.17660/ActaHort.2021.1312.83
- Toapanta, E. (2023). *Influencia del uso de cultivos andinos (camote morado (Ipomoea batatas L.) y oca blanca (Oxalis tuberosa)) en el desarrollo de galletas dulces.* (Tesis de pregrado), Universidad Técnica de Ambato, Ambato-Ecuador. Recuperado de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/37922/1/CAL%20047.pdf>
- Torres, M. (2015). *Elaboración y evaluación nutricional de un cupcake a base de harina de achira (Canna edulis) fortificado con harina de garbanzo (Cicer arietinum l) y papaya (Carica papaya).* (Tesis de pregrado), Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba-Ecuador. Recuperado de [http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4024/1/56T00545%20UDC TFC.pdf](http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4024/1/56T00545%20UDC%20TFC.pdf)
- Truong, V.-D., y Avula, R. (2010). Sweet potato purees and powders for functional food ingredients. *Food Science Research Unit*, 1, 1-45.
- Vidal, A., Zaucedo, A., y Ramos, M. (2018). Propiedades nutrimentales del camote (Ipomoea batatas L.) y sus beneficios en la salud humana. *Tecnología Postcosecha*, 19, 1-15.
- Vidaurre-Ruiz, J., Vargas, R. J. Y., Alcázar-Alay, S., Encina-Zelada, C. R., Cabezas, D. M., Correa, M. J., y Repo-Carrasco-Valencia, R. (2022). Andean crops: kañiwa and tarwi flours used for the development of vegan gluten-free muffins. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 102(15), 7282-7292.
- Winn, Z. J., Larkin, D. L., Murry, J. T., Moon, D. E., y Mason, R. E. (2021). Phenotyping Anther Extrusion of Wheat Using Image Analysis. *Agronomy*, 11(6). doi:10.3390/agronomy11061244
- Yaruro, N. C., Suarez, H., de Francisco, A., Vásquez, S. M., & Diaz, C. (2021). Physicochemical, thermal, microstructural and paste properties comparison of four achira (Canna edulis sp.) starch ecotypes. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 25. doi:10.1016/j.ijgfs.2021.100380
- Zhang, D., Cervantes, J., Huamán, Z., Edward, C., y Ghislain, M. (2000). Assessing diversity of sweet potato (Ipomoea batatas (L.) Lam.) cultivars from tropical America using AFLP. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 47, 659-665.

Zhu, F., y Sun, J. (2019). Physicochemical and sensory properties of steamed bread fortified with purple sweet potato flour. *Food Bioscience*, 30. doi:10.1016/j.fbio.2019.04.012

## Anexos

### Anexo 1. Obtención de harinas de cultivos andinos camote morado (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) y achira (*Canna indica* L.)



Materia prima



Lavado



Rebanado



Secado



Molienda



Envasado

## Anexo 2. Preparación de muffins con cultivos andinos



Materiales



Pesado



Mezclado



Colocación de mezcla en moldes

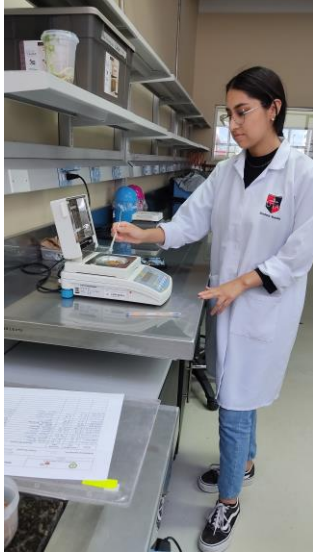


Horneado

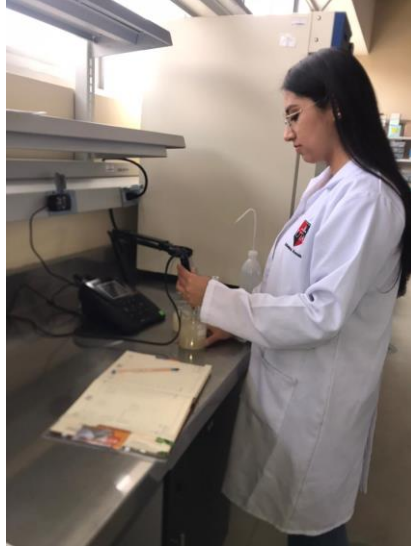


Envasado

**Anexo 3. Análisis realizados en el muffin**



**Humedad**



**pH**



**Actividad de agua (aw)**



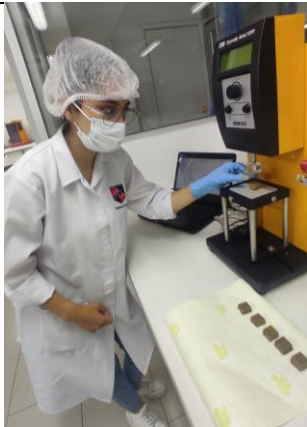
**Acidez**



**Cenizas**



**Colorimetría**



**Textura**



**Tamaño de alveolos**



**Análisis sensorial**



**Proteína**



**Grasa**



**Fibra**



## Anexo 4. Resultados LACONAL muffin control



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



01173

### CERTIFICADO DE ANALISIS DE LABORATORIO

| Certificado No:23-211  |  | R01-7.8.03   |  |                           |           |            |
|--|--|--|--|---------------------------|-----------|------------|
| Solicitud N°: 23-211   |  | Pág.: 1 de 1   |  |                           |           |            |
| Fecha recepción:   | 23 de octubre de 2023  | Fecha de ejecución de ensayos: 24 al 27 de octubre de 2023 |  |                           |           |            |
| <b>Información del cliente:</b>  |  |  |  |                           |           |            |
| Empresa:   | Jéssica Cruz; Estefanía Alvarado; Marjorie Galora; Sharon López y Gabriel Miguez | C.I./RUC: 1850177773                                       |  |                           |           |            |
| Representante:   | Jéssica Cruz; Estefanía Alvarado; Marjorie Galora; Sharon López y Gabriel Miguez | Tlf: 0987569078  |  |                           |           |            |
| Dirección:   | Ambato   | Email: jcruz7773@uta.edu.ec                                |  |                           |           |            |
| Ciudad:  | Ambato   |  |  |                           |           |            |
| <b>Descripción de las muestras:</b>  |  |  |  |                           |           |            |
| Producto:  | Muffin de Trigo  | Peso: 205g   |  |                           |           |            |
| Marca comercial:   | n/a  | Tipo de envase: envase de aluminio                         |  |                           |           |            |
| Lote:  | n/a  | No de muestras: una  |  |                           |           |            |
| F. Elb.:   | n/a  | F. Exp.: n/a   |  |                           |           |            |
| Conservación:  | Ambiente: X Refrigeración: Congelación:  | Almac. en Lab: 30 días                                     |  |                           |           |            |
| Cierres seguridad:   | Ninguno: X Intactos: Rotos:  | Muestreo por el cliente: 22 de octubre de 2023             |  |                           |           |            |
| <b>RESULTADOS OBTENIDOS</b>  |  |  |  |                           |           |            |
| Muestras   | Código del laboratorio   | Código cliente   | Ensayos solicitados/<br>Técnica  | Métodos utilizados        | Unidades  | Resultados |
| Muffin de Trigo  | 21123418   | Control  | Proteína, Kjeldhal   | AOAC Ed. 22, 2023 2001.11 | %(Nx6,25) | 12,8       |
|  |  |  | Grasa, Gravimetría   | AOAC Ed. 22, 2023 2003.06 | %         | 9,65       |
|  |  |  | *Fibra dietética total, Gravimétrico-Enzimática  | AOAC 985.29, Ed. 22, 2023 | %         | 6,62       |
| Conds. Ambientales: 21,0°C; 53,0%HR  |  |  |  |                           |           |            |
| Nota: Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE |  |  |  |                           |           |            |
|  |  |  | <br>Ing. Gladys Risueño<br>Directora de Calidad |                           |           |            |
| Autorización para transferencia electrónica de resultados: Si                                  |  |  |  |                           |           |            |
| Fecha de emisión del certificado: 01 de noviembre de 2023                                      |  |  |  |                           |           |            |

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

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

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



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

Anexo 5. Resultados LACONAL muffin camote morado



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

01176



CERTIFICADO DE ANÁLISIS DE LABORATORIO

| Certificado No:23-216   |                                 | R01-2803   |   |                           |           |            |
|---|---------------------------------|--|---|---------------------------|-----------|------------|
| Solicitud N°: 23-216  |                                 | Pág.: 1 de 1   |   |                           |           |            |
| Fecha recepción: 23 de octubre de 2023  |                                 | Fecha de ejecución de ensayos: 24 al 31 de octubre de 2023 |   |                           |           |            |
| <b>Información del cliente:</b>   |                                 |  |   |                           |           |            |
| Empresa:  | C.I./RUC: 180544666             |  |   |                           |           |            |
| Representante: Melina Alvarado  | TIF: 0983280423                 |  |   |                           |           |            |
| Dirección: Ambato   | Email: palvarado4666@uta.edu.ec |  |   |                           |           |            |
| Ciudad: Ambato  |                                 |  |   |                           |           |            |
| <b>Descripción de las muestras:</b>   |                                 |  |   |                           |           |            |
| Producto: Muffin de camote morado   | Peso:                           | 200g   |   |                           |           |            |
| Marca comercial: n/a  | Tipo de envase:                 | envase de aluminio   |   |                           |           |            |
| Lote: n/a   | No de muestras:                 | una  |   |                           |           |            |
| F. Exp.: n/a  | F. Exp.:                        | n/a  |   |                           |           |            |
| Conservación: Ambiente: X Refrigeración: Congelación:   | Almac. en Lab:                  | 30 días  |   |                           |           |            |
| Cierres seguridad: Ninguno: X Intactos: Rotos:  | Muestreo por el cliente:        | 22 de octubre de 2023                                      |   |                           |           |            |
| <b>RESULTADOS OBTENIDOS</b>   |                                 |  |   |                           |           |            |
| Muestras  | Código del laboratorio          | Código cliente   | Ensayos solicitados/<br>Técnica                 | Métodos utilizados        | Unidades  | Resultados |
| Muffin de camote morado   | 21623423                        | Ninguno  | Proteína, Kjeldhal                              | AOAC Ed. 22, 2023-2001.11 | %(Nx6,25) | 7,4        |
|   |                                 |  | Grasa, Gravimetría                              | AOAC Ed. 22, 2023-2003.06 | %         | 9,96       |
|   |                                 |  | *Fibra dietética total, Gravimétrico-Enzimática | AOAC 985.29, Ed. 22, 2023 | %         | 7,33       |
| Conds. Ambientales: 21,0°C; 47,1%HR<br>Nota: Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE |                                 |  |   |                           |           |            |
| <br>Ing. Gladys Risueño<br>Directora de Calidad   |                                 |  |   |                           |           |            |
| Autorización para transferencia electrónica de resultados: Si   |                                 |  |   |                           |           |            |
| Fecha de emisión del certificado: 01 de noviembre de 2023   |                                 |  |   |                           |           |            |

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

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

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



## Anexo 6. Resultados LACONAL muffin achira




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

01177



### CERTIFICADO DE ANALISIS DE LABORATORIO

| Certificado No:23-217  |                        | R01-7.8.03   |   |  |           |            |
|--|------------------------|--|---|--|-----------|------------|
| Solicitud N°: 23-217   |                        | Pág.: 1 de 1   |   |  |           |            |
| Fecha recepción: 23 de octubre de 2023   |                        | Fecha de ejecución de ensayos: 24 al 31 de octubre de 2023 |   |  |           |            |
| <b>Información del cliente:</b>  |                        |  |   |  |           |            |
| Empresa:   |                        | C.I./RUC: 1805444666                                       |   |  |           |            |
| Representante: Estefanía Alvarado  |                        | TIF: 0983280423  |   |  |           |            |
| Dirección: Ambato  |                        | Email: jalvarado4666@uta.edu.ec                            |   |  |           |            |
| Ciudad: Ambato   |                        |  |   |  |           |            |
| <b>Descripción de las muestras:</b>  |                        |  |   |  |           |            |
| Producto: Muffin de achira   |                        | Peso: 200g   |   |  |           |            |
| Marca comercial: n/a   |                        | Tipo de envase: envase de aluminio                         |   |  |           |            |
| Lote: n/a  |                        | No de muestras: una  |   |  |           |            |
| F. Elb.: n/a   |                        | F. Exp.: n/a   |   |  |           |            |
| Conservación: Ambiente: X Refrigeración: Congelación:  |                        | Almac. en Lab: 30 días                                     |   |  |           |            |
| Cierres seguridad: Ninguno: X Intactos: Rotos:   |                        | Muestreo por el cliente: 22 de octubre de 2023             |   |  |           |            |
| <b>RESULTADOS OBTENIDOS</b>  |                        |  |   |  |           |            |
| Muestras   | Código del laboratorio | Código cliente   | Ensayos solicitados/<br>Técnica                 | Métodos utilizados   | Unidades  | Resultados |
| Muffin de achira   | 21723424               | Ninguno  | Proteína, Kjeldhal                              | AOAC Ed. 22, 2023 2001.11  | %(Nx6,25) | 13,0       |
|  |                        |  | Grasa, Gravimetría                              | AOAC Ed. 22, 2023 2003.06  | %         | 9,17       |
|  |                        |  | *Fibra dietética total, Gravimétrico-Enzimática | AOAC 985 29, Ed. 22, 2023  | %         | 5,21       |
| Conds. Ambientales: 21,0°C; 47,1%HR  |                        |  |   |  |           |            |
| Nota: Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE |                        |  |   |  |           |            |
|  |                        |  |   | <br>Ing. Gladys Risueño<br>Directora de Calidad |           |            |
| Autorización para transferencia electrónica de resultados: Si                                  |                        |  |   |  |           |            |
| Fecha de emisión del certificado: 01 de noviembre de 2023                                      |                        |  |   |  |           |            |

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

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

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



## Anexo 7. Hoja de cata utilizada en el análisis sensorial

### FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERIA EN ALIMENTOS PROYECTO

“Valorización de tubérculos andinos para la obtención de ingredientes alimentarios y su viabilidad. Concienciación de su valor nutritivo y funcional”

Nombre: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

**Instrucciones:**

- Se le entregara muestras, cada identificada como muestra **XXXXX**
- Pruebe la muestra e identifique su nivel de agrado y marque con una X la opción que usted considera. Considerando que 5 es el mayor puntaje y 1 el menor puntaje.
- Luego de consumir cada muestra, por favor mastique un trazo de muffin y tome un sorbo de agua para poder limpiar su paladar, y continúe con la siguiente muestra.

| Característica       | Alternativa                   | Muestras                |                         |                         |                         |                         | Control |
|----------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|---------|
|                      |                               | Muestra<br>1<br>(07888) | Muestra<br>2<br>(18500) | Muestra<br>3<br>(04233) | Muestra<br>4<br>(18054) | Muestra<br>5<br>(84633) |         |
| <b>APARIENCIA</b>    | 1. Me disgusta mucho          |                         |                         |                         |                         |                         |         |
|                      | 2. Me disgusta                |                         |                         |                         |                         |                         |         |
|                      | 3. Ni me gusta ni me disgusta |                         |                         |                         |                         |                         |         |
|                      | 4. Me gusta                   |                         |                         |                         |                         |                         |         |
|                      | 5. Me gusta mucho             |                         |                         |                         |                         |                         |         |
| <b>COLOR</b>         | 1. Me disgusta mucho          |                         |                         |                         |                         |                         |         |
|                      | 2. Me disgusta                |                         |                         |                         |                         |                         |         |
|                      | 3. Ni me gusta ni me disgusta |                         |                         |                         |                         |                         |         |
|                      | 4. Me gusta                   |                         |                         |                         |                         |                         |         |
|                      | 5. Me gusta mucho             |                         |                         |                         |                         |                         |         |
| <b>OLOR</b>          | 1. Me disgusta mucho          |                         |                         |                         |                         |                         |         |
|                      | 2. Me disgusta                |                         |                         |                         |                         |                         |         |
|                      | 3. Ni me gusta ni me disgusta |                         |                         |                         |                         |                         |         |
|                      | 4. Me gusta                   |                         |                         |                         |                         |                         |         |
|                      | 5. Me gusta mucho             |                         |                         |                         |                         |                         |         |
| <b>TEXTURA</b>       | 1. Me disgusta mucho          |                         |                         |                         |                         |                         |         |
|                      | 2. Me disgusta                |                         |                         |                         |                         |                         |         |
|                      | 3. Ni me gusta ni me disgusta |                         |                         |                         |                         |                         |         |
|                      | 4. Me gusta                   |                         |                         |                         |                         |                         |         |
|                      | 5. Me gusta mucho             |                         |                         |                         |                         |                         |         |
| <b>SABOR</b>         | 1. Me disgusta mucho          |                         |                         |                         |                         |                         |         |
|                      | 2. Me disgusta                |                         |                         |                         |                         |                         |         |
|                      | 3. Ni me gusta ni me disgusta |                         |                         |                         |                         |                         |         |
|                      | 4. Me gusta                   |                         |                         |                         |                         |                         |         |
|                      | 5. Me gusta mucho             |                         |                         |                         |                         |                         |         |
| <b>ACEPTABILIDAD</b> | 1. Me disgusta mucho          |                         |                         |                         |                         |                         |         |
|                      | 2. Me disgusta                |                         |                         |                         |                         |                         |         |
|                      | 3. Ni me gusta ni me disgusta |                         |                         |                         |                         |                         |         |
|                      | 4. Me gusta                   |                         |                         |                         |                         |                         |         |
|                      | 5. Me gusta mucho             |                         |                         |                         |                         |                         |         |

**OBSERVACIONES:**

\_\_\_\_\_

**¡GRACIAS POR SU COLABORACIÓN!**