



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**



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

**CARRERA ALIMENTOS**

---

Desarrollo de muffin libres de gluten en base a harina de camote morado (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) y zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft)

---

Informe Final del Trabajo de Titulación, opción Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniero en Alimentos, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos 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. Resolución Nro. UTA-CONIN-2022-0269-R

**Autora:** Marjorie Vanessa Galora Loarte

**Tutor:** Ph. D. Diego Manolo Salazar Garcés

**Ambato – Ecuador**

**Febrero 2024**

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

Diego Manolo Salazar Garcés Ph. D

### **CERTIFICA:**

Que el presente Informe Final del Trabajo de Titulación ha sido prolijamente revisado. Por lo tanto, autorizo la presentación de este 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

---

Diego Manolo Salazar Garcés Ph. D

CI. 1803124294

**TUTOR**

## **AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

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



---

Marjorie Vanessa Galora Loarte

CI. 1804413712

**AUTORA**

## **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de ese 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.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'MARJORIE GALORA', is written over a horizontal line. The signature is stylized and somewhat illegible due to the cursive nature of the writing.

Marjorie Vanessa Galora Loarte

CI. 1804413712

**AUTORA**

## **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

---

Mg. Andrea Verónica Delgado Ramos

C.I: 0401305008

---

Mg. Oscar Eduardo Ruiz Robalino

C.I: 1802683589

Ambato, 05 de febrero del 2024

## DEDICATORIA

*Este trabajo se lo dedico primero a Dios quien ha sido mi sustento y mi fortaleza todos los días, por brindarme salud, inteligencia, sabiduría, paciencia e inspiración para cumplir mi carrera profesional.*

*A mis queridos padres Iván y Fanny quienes han sido la razón para que yo siga de pie y no me derrumbe, quienes cada día me han brindado su apoyo y su amor infinito, permitiéndome que día a día pueda alcanzar mi más anhelado sueño. Espero y anhelo poderles devolver todo su esfuerzo y apoyo incondicional en mi etapa académica.*

*A mi más grande amor mi hermano Iván por ser mi inspiración y mi motivo de todos los días seguir luchando por ser mejor persona, quien no desconfió de mis capacidades y me alentaba con su amor y su alegría infinita, gracias por no dejarme sola en esta trayectoria de mi vida.*

*Marjorie Vanessa Galora Loarte*

## **AGRADECIMIENTO**

*Agradezco a Dios por ser mi guía, por darme sabiduría, fortaleza e inteligencia para continuar y culminar mi etapa académica.*

*A mis queridos padres Iván y Fanny por darme la oportunidad de tener una carrera universitaria, por protegerme y brindarme su apoyo y amor incondicional.*

*A mi hermano Iván por no dejarme sola en esta trayectoria de mi vida, por alegrarme todos los días con sus ocurrencias y brindarme su amor infinito.*

*A la Universidad Técnica de Ambato por abrirme la puerta para poder formarme profesionalmente y a mi querida Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología por nutrirme de conocimientos día a día y llenarme de valores para ser una mejor profesional.*

*A mi tutor Dr. Diego Salazar por ser una excelente persona, por su humildad, paciencia, dedicación y amabilidad durante el desarrollo de mi trabajo de titulación, sin duda alguna un ejemplo a seguir, siempre estaré agradecida por todas sus enseñanzas y sus palabras de aliento.*

*Al Ing. Diego Silva y su empresa Don Pan, así como a sus colaboradores, les agradezco por su apoyo en el desarrollo de esta investigación y por sus palabras de aliento y perseverancia*

*Con amor infinito  
Marjorie Vanessa Galora Loarte*

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	v
DEDICATORIA .....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
RESUMEN EJECUTIVO .....	xiv
ABSTRACT.....	xv
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>16</b>
<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>16</b>
1.1 Antecedentes investigativos .....	16
1.1.1 Cultivos Andinos.....	16
1.1.2 Valor nutricional de los cultivos andinos.....	2
1.1.3 Uso de cultivos andinos en panificación y pastelería .....	2
1.1.4 Tubérculos y raíces andinas (RTAs).....	3
1.1.5 El camote morado ( <i>Ipomoea batatas</i> (L.) Lam.) .....	4
Valor nutricional .....	4
Variedades de Camote Morado .....	4
1.1.6 La Zanahoria Blanca ( <i>Arracacia xanthorrhiza</i> Bancroft).....	5
Valor nutricional .....	6
Variedad de Zanahoria .....	6
<b>1.2 OBJETIVOS .....</b>	<b>6</b>
1.2.1 Objetivo General.....	6
1.2.2 Objetivos Específicos .....	7

<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>8</b>
<b>METODOLOGÍA .....</b>	<b>8</b>
2.1 Determinación de la mejor concentración de harinas de cultivos andinos para la elaboración de un producto de pastelería tipo muffin.....	8
2.1.1 Materia prima.....	8
2.1.3 Preparación del muffin.....	8
2.1.4 Determinación de la mejor formulación.....	9
2.2 Determinación de propiedades fisicoquímicas, nutricionales y de textura del muffin elaborado. ....	9
2.2.1 Propiedades físico químicas .....	9
Actividad de agua.....	9
Acidez titulable y pH.....	9
2.2.2 Composición proximal.....	10
Porcentaje de Humedad.....	10
Proteína .....	10
Fibra dietética.....	11
Grasa .....	12
Carbohidratos .....	13
Cenizas .....	13
2.2.3 Colorimetría.....	13
2.2.4 Tamaño del alveolo.....	14
2.2.5 Textura.....	14
2.3 Evaluación de la calidad sensorial del muffin elaborado utilizando cultivos andinos infrautilizados. ....	14
2.3.1 Análisis Sensorial.....	14
2.4 Diseño experimental y análisis estadístico .....	14
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>15</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>15</b>

3.1	Análisis preliminares.....	15
3.2	Propiedades fisicoquímicos, nutricionales y de textura del muffin elaborado.....	17
3.2.1	pH y acidez .....	17
3.2.2	Actividad de agua (aw) .....	18
3.2.3	Composición proximal.....	19
3.2.4	Análisis de textura.....	24
3.2.5	Tamaño de Alveolos .....	26
3.2.6	Evolución del pH, acidez y color durante el almacenamiento. ....	28
3.3	Análisis sensorial.....	33
	<b>CAPITULO IV .....</b>	<b>36</b>
	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>36</b>
4.1	Conclusiones .....	36
4.2	Recomendaciones.....	37
	<b>MATERIALES DE REFERENCIA.....</b>	<b>38</b>
	<b>Anexos.....</b>	<b>47</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA 1.</b> Capacidad de las mezclas de harinas para formar un producto esponjoso.....	16
<b>TABLA 2.</b> Resultados obtenidos del análisis proximal de los muffins de trigo (control), camote morado y zanahoria blanca, almacenados a 25°C. ....	23
<b>TABLA 3.</b> Tamaño de alveolos de los muffins elaborados a base de harina de trigo (control), camote morado y zanahoria blanca almacenados a 25°C y 30% HR.....	27

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA 1.</b> Camote morado ( <i>Ipomoea batatas</i> (L.) Lam.).....	5
<b>FIGURA 2.</b> Zanahoria blanca ( <i>Arracacia xanthorrhiza</i> Bancroft) .....	6
<b>FIGURA 3.</b> Índice de aceptabilidad de los muffins a base de las harinas de trigo (control), camote morado y zanahoria blanca .....	17
<b>FIGURA 4.</b> Tamaño y percepción de los alveolos de los muffins elaborados a base de harina de trigo (control, camote morado y zanahoria blanca).....	28
<b>FIGURA 5.</b> Evolución del pH de los muffins elaborados a base de harina de trigo (control), harina de camote morado y harina de zanahoria blanca en función del tiempo de almacenamiento. Los resultados pertenecen a las medias $\pm$ de las tres mediciones y la desviación estándar. Letras (a, b, c) indican las diferencias significativas entre muestra al mismo tiempo ( $p < 0,05$ ), mientras las letras (w, x, y) indican diferencias significativas por muestra en el tiempo ( $p < 0,05$ ).....	29
<b>FIGURA 6.</b> Evolución de la acidez de los muffins elaborados a base de harina de trigo (control), harina de camote morado y harina de zanahoria blanca en función del tiempo de almacenamiento. Los resultados pertenecen a las medias $\pm$ de las tres mediciones y la desviación estándar. Letras (a, b, c) indican las diferencias significativas entre muestra al mismo tiempo ( $p < 0,05$ ), mientras las letras (w, x, y) indican diferencias significativas por muestra en el tiempo ( $p < 0,05$ ).....	30
<b>FIGURA 7.</b> Evolución del parámetro luminosidad ( $L^*$ ) en los muffins de Camote Morado y Zanahoria Blanca durante 21 días de almacenamiento.....	31
<b>FIGURA 8.</b> Evolución del parámetro rojos/ verdes ( $a^*$ ) en los muffins de Camote Morado y Zanahoria Blanca durante 21 días de almacenamiento.....	32
<b>FIGURA 9.</b> Evolución del parámetro amarillos ( $b^*$ ) en los muffins de Camote Morado y Zanahoria Blanca durante 21 días de almacenamiento. ....	33
<b>FIGURA 10.</b> Perfil sensorial de los muffins elaborados a base de harinas de cultivos andinos (Camote morado y Zanahoria Blanca).....	35

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO 1.</b> Elaboración y obtención de harinas de cultivos andinos de camote morado ( <i>Ipomoea batatas</i> (L.) Lam.) y zanahoria blanca ( <i>Arracacia xanthorrhiza</i> Bancroft)...	47
<b>ANEXO 2.</b> Elaboración de los muffins a base de harina de trigo (control), camote morado ( <i>Ipomoea batatas</i> (L.) Lam.) y zanahoria blanca ( <i>Arracacia xanthorrhiza</i> Bancroft)...	48
<b>ANEXO 3.</b> Análisis de los muffins a base de harina de trigo (control), camote morado ( <i>Ipomoea batatas</i> (L.) Lam.) y zanahoria blanca ( <i>Arracacia xanthorrhiza</i> Bancroft)...	49
<b>ANEXO 4.</b> Resultados LACONAL de los muffins a base de harina de trigo (control)...	51
<b>ANEXO 5.</b> Resultados LACONAL de los muffins a base de camote morado ( <i>Ipomoea batatas</i> (L.) Lam.)...	52
<b>ANEXO 6.</b> Resultados LACONAL de los muffins a base de zanahoria blanca ( <i>Arracacia xanthorrhiza</i> Bancroft)...	53
<b>ANEXO 7.</b> Hoja de cata utilizada en el análisis sensorial .....	54

## RESUMEN EJECUTIVO

El consumo de alimentos con mejor valor nutritivo ha experimentado un gran interés por parte de los consumidores que buscan alimentos ricos en fibra, reducido en azúcar, grasa y sal. El presente trabajo de investigación se desarrolló con el fin de aportar una alternativa para el aprovechamiento de los cultivos andinos debido al desuso y desconocimiento están próximos a desaparecer. En este estudio se desarrolló un muffin libre de gluten utilizando harina de camote morado (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) y zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft).

Se diseñó tres formulaciones a base de harina de camote morado, zanahoria blanca y trigo (control), los ingredientes que se usaron fueron huevos, aceite, polvo de hornear, azúcar, sal y yogurt. Se analizaron parámetros fisicoquímicos, composición proximal, textura y análisis sensorial durante 21 días de almacenamiento.

Los resultados permitieron establecer la mejor formulación con un 65 por ciento en la fase líquida y 35 por ciento de harina de cultivos andinos, los resultados de la composición proximal mostraron que la muestra con harina de zanahoria blanca posee más proteína y fibra, mientras que la muestra de camote morado posee más grasa y carbohidratos totales. En el análisis de textura la muestra de camote morado mostró mayor dureza, cohesividad, elasticidad y masticabilidad, mientras que mayor adhesividad en la muestra de zanahoria blanca. Finalmente, el análisis sensorial estableció que el muffin en base a harina de camote morado es la que mayor aceptabilidad presenta.

**Palabras claves:** cultivos andinos, camote morado, zanahoria blanca, tubérculo, muffins, harinas no convencionales.

## ABSTRACT

The consumption of foods with better nutritional value has experienced great interest from consumers looking for foods rich in fiber, reduced in sugar, fat and salt. The present research work was developed with the purpose of providing an alternative for the use of Andean crops due to disuse and lack of knowledge, which are close to disappear. In this study, a gluten-free muffin was developed using purple sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) and white carrot (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) flour. Three formulations were designed based on purple sweet potato flour, white carrot and wheat (control); the ingredients used were eggs, oil, baking powder, sugar, salt and yogurt. Physicochemical parameters, proximal composition, texture and sensory analysis were analyzed during 21 days of storage.

The results allowed establishing the best formulation with 65 percent in the liquid phase and 35 percent of flour from Andean crops. The results of the proximal composition showed that the sample with white carrot flour has more protein and fiber, while the purple sweet potato sample has more fat and total carbohydrates. In the texture analysis, the purple sweetpotato sample showed greater hardness, cohesiveness, elasticity and chewiness, while the white carrot sample showed greater adhesiveness. Finally, the sensory analysis established that the muffin based on purple sweetpotato flour was the most acceptable.

Key words: Andean crops, purple sweetpotato, white carrot, tuber, muffins, unconventional flours.

# CAPÍTULO I

## MARCO TEÓRICO

### 1.1 Antecedentes investigativos

#### 1.1.1 Cultivos Andinos

Los cultivos andinos son alimentos considerados como cultivos rústicos, con una resistencia inigualable a heladas, salinidad y sequías (Arguero y Carua, 2020). Los granos, raíces y tubérculos andinos han sido catalogados como alimentos de gran valor nutricional, poseen un potencial de transformación en productos procesados con características excepcionales (Apala, 2021). Existe una gran diversidad de cultivos que se diferencian en base a la forma, color y tamaños, así mismo, se ha evidenciado la presencia de vitaminas (A, B, C), minerales (Ca, Mg, K, P), azúcares, almidones, proteínas, ácidos grasos, glucósidos y metabolitos secundarios como carotenos, oxalatos, saponinas, taninos, betacianinas, alcaloides y antocianinas (Jacobsen, Mujica, y Ortiz, 2003; Salazar, Arancibia, Silva, López-Caballero, y Montero, 2021).

Las zonas más ricas con una gran agro biodiversidad de cultivos andinos se sitúan en los andes centrales, desde el Ecuador, sur de Colombia, Perú, Chile, el norte de Argentina y Bolivia (Chalampunte, 2021; Leidi, Ech-Chliah, Rossini-Oliva, y Sørensen, 2021). Las comunidades campesinas de estas zonas han sido responsables de conservar especies de cultivos de cereales, pseudocereales y cultivos andinos que son importantes para la seguridad y la soberanía alimentaria de las comunidades de la zona (Figueroa, 2023). Los cultivos andinos han constituido la fuente principal de alimento para las distintas poblaciones, sin embargo, el desarrollo tecnológico y económico han relegado a ciertos cultivos andinos como el camote, oca, zanahoria blanca, papa china, mashua y chocho, debido al poco valor comercial y únicamente los han destinado para productos medicinales y alimentos para animales rumiantes o finalmente para su propio consumo (Fuentes et al., 2019; Ocaña, 2019). Según Silva Idrovo (2019) en Ecuador el consumo de tubérculos andinos fluctúa entre los 22-24 kg/persona al año, siendo Ecuador el país con un menor consumo en relación con los demás países como Colombia, Bolivia y Perú.

Los cultivos andinos son calificados como la clave en la lucha contra la inseguridad

alimentaria y nutricional, siendo estos el activo de subsistencia para las poblaciones vulnerables de las zonas rurales (Figuerola, 2023), cabe destacar que existen tres factores esenciales para realizar la siembra de los cultivos andinos: el primero que es garantizar la seguridad alimentaria mediante la producción constante de alimentos de alta calidad; el segundo es el valor nutritivo según el contenido de nutrientes que cada cultivo andino aporta y el tercer factor es la demanda que existe en los productos (Guacho, Atehortua, Curruchich, y Hernández, 2023).

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

Los cultivos andinos poseen un contenido alto de almidón, niacina, tiamina, vitaminas A, B6, E y K, micronutrientes como magnesio, zinc, potasio, calcio, hierro y nitrógeno (Salazar, Arancibia, et al., 2021b), sin embargo, el desconocimiento del beneficio nutricional que aportan los cultivos andinos han sido la causa principal de la falta de consumo por parte de la población (Mejía, Salcedo, Vargas, Serna, y Torres, 2018). Guacho et al. (2023) mencionan que los cultivos andinos mantienen su valor nutritivo según el contenido de nutrientes que aportan es así que se pueden dividir en proteicos (amaranto y quinua), proteínas y grasas (chocho), carbohidratos (tubérculos y raíces), carotenos (capulí, arracacha y tomate de árbol) y minerales (quinua).

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

Los productos de panificación durante siglos han sido considerados como alimentos básicos en el hogar de cada familia, sin embargo, en los últimos años el consumo de pan ha llegado a tener una disminución preocupante para quienes los producen debido a nuevos hábitos alimenticios y sustitutos como los extruidos de cereal y alimentos con características nutricionales mejoradas (April-Lalonde, Deaconu, Cole, Batal, y Nutrition, 2023). El consumo de alimentos nutritivos muestra un marcado interés de los consumidores a alimentos con un valor nutritivo diferenciado, ricos en fibras, reducidos en grasas, sal y azúcar (Deaconu, April-Lalonde, Mercille, y Batal, 2021). Es así que la industria alimentaria ha centrado su esfuerzo en la búsqueda de productos que provengan de materias primas no convencionales. Los tubérculos andinos y sus harinas han sido utilizadas para el desarrollo de nuevos productos con valor nutricional mejorados (Ocaña, 2019). En ese sentido, Salazar, Arancibia, Silva, et al. (2021) menciona que en la actualidad la industria pastelera se ha visto en la necesidad de producir nuevos productos alimenticios como muffins, cupcakes, tortas, mismos que

presentan una gran infinidad de presentaciones, sabores, tamaños entre otros atributos llamativos hacia el consumidor, reducidos en grasas, azúcares y posiblemente libres de gluten, destinados a personas que son alérgicos a este componente. El trigo es el componente principal de los productos de panadería, sin embargo, se ha requerido remplazarlo por harinas de tubérculos, leguminosas y pseudocereales que no poseen gluten permitiendo de esa manera sustituir las necesidades nutricionales y palatables de las personas que no pueden consumir productos a base de trigo o alguna materia prima que contenga gluten. De hecho, la NTE INEN 3084: 2015 sugiere que se puede hacer uso o incluir harinas de tubérculos como camote, achira, oca, zanahoria, entre otros para la elaboración de productos de panadería, galletería, pastelería y repostería (Silva Idrovo, 2019).

El muffin es un que se deriva originalmente del “moofin”, es un producto de repostería con características de la masa fresca, suave, esponjosa con diversas variedades de sabores, texturas e incluso en la actualidad de colores (Vásquez yParedes, 2015)Por otro lado, J. Rodríguez (2020) menciona que el muffin también es conocido como panquesito o magdalena, su elaboración se realiza en un horno en moldes individuales, mismos poseen una base en forma cilíndrica y en la parte superior una copa más ancha con una forma similar a un hongo. Este producto resulta de interés debido a que la población ha ido incrementando su requerimiento hacia este producto, sin embargo, consumidores que de alguna manera no los pueden consumir sea por algún tipo de alergia, intolerancia, o simplemente por moda exigen a la industria el desarrollo de productos en base a materia primas no convencionales, en este grupo de interés aparecen los tubérculos andinos, principalmente debido a sus características (Salazar, Arancibia, Silva, et al., 2021).

#### **1.1.4 Tubérculos y raíces andinas (RTAs)**

Dentro de la región andina existe un gran número de cultivos alimenticios que se han adaptado a diversos cambios introducidos por los pueblos autóctonos hace miles de años, existen RTAs no tradicionales (papa y melloco) pero también las no tradicionales (oca, jícama, zanahoria blanca, mashua, achira, entre otras). M. E. Jiménez ySammán (2014) menciona que, las RTAs contienen un sinnúmero de compuestos con actividad biológica como flavonoides, estanoles, prebióticos, fenoles, fitohormonas y probióticos, el consumo de dichos compuestos favorece a disminuir enfermedades del

tracto digestivo, cardiovasculares y ayuda a fortalecer el sistema inmunológico y reproductor. En Ecuador las RTAs se producen en mayor cantidad en las provincias de Chimborazo, Tungurahua, Carchi, Pichincha, Bolívar y Cotopaxi, sin embargo, en la sierra centro se mantienen condiciones adecuadas para el cultivo de RTAs, no obstante, los habitantes se han centrado en el cultivo específicamente de papa dejando de lado las demás especies de los cultivos andinos debido al valor económico que el cultivo de la papa representa en contraste con los cultivos andinos (Bonete, Urquiza, Guevara, y Yáñez, 2016).

#### **1.1.5 El camote morado (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.)**

El camote morado (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.), es un tubérculo cuyo origen se sitúa en América Central y del Sur, se cultiva desde hace aproximadamente 10.000 años, este cultivo se adapta a suelos que no requiere de grandes cantidades de agua ni fertilizantes, su producción se estima en aproximadamente 105 millones de toneladas métricas por año, además, puede crecer y desarrollarse hasta los 3000 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.) (Toapanta, 2023).

#### **Valor nutricional**

El Camote Morado es reconocido por su alto valor nutricional y las propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y reducción de riesgo en enfermedades cardíacas que se le atribuye, además, contiene un 70% de humedad, 30% de materia seca entre el 7-12° Brix de sólidos solubles (Silva Idrovo, 2019). El camote morado contiene 3,5 % fibra, 2,1% lípidos, 74% agua, 3% grasa, 9,7% azúcar, 25- 30% carbohidratos; además, el 98% de carbohidratos son fáciles de digerir, haciendo que este tubérculo mantenga una fuente de energía buena, a pesar de su alto contenido de carbohidratos mantiene un bajo nivel glucémico, mismo que ayuda a que el azúcar logre liberar de manera lenta en la sangre conservar su estabilidad (Toapanta, 2023).

#### **Variedades de Camote Morado**

Existe tres tipos de camote: morado, blanco y naranja; sin embargo, la variedad naranja y morado son las que más se cultivan debido a la gran aceptabilidad en el mercado, inclusive en Latinoamérica se encuentra el tipo de camote morado mientras que en Europa el más habitual es el camote naranja (Toapanta, 2023).



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

### **1.1.6 La Zanahoria Blanca (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft)**

La zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) es un tubérculo andino de raíz, conocida también como arracacha, racacha, virraca en países como Colombia y Perú; mientras que en Venezuela es denominada como apio criollo (Guerrero y Yépez, 2018). Es una de las plantas andinas cultivadas más antiguas, su domesticación procede a la de la papa (Repo Carrasco, Cortez, Montes, y Villalpando, 2007). Pertenece a la familia de las umbelíferas u opiáceas, su origen se sitúa en América Central y del Sur, ofrece excelentes perspectivas económicas en los países productores debido a su calidad como raíces tuberosas, mientras que su composición química muestra contenidos altos de almidón (63, 72%), un bajo contenido de grasa (0,3 %) y proteína (1,3%), de igual manera, posee un 3% de fibra, es un cultivo reconocido como agente terapéutico para las personas diabéticas, con problemas circulatorios y padecimientos digestivos (Chilig, 2013).

Los cultivos se encuentran localizados entre los 1.500 y 3.000 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m) a lo largo del callejón interandino, su siembra se puede realizar directamente en el campo mediante el uso de hijuelos, colinos o de 6 manera sencilla con las semillas, en cuanto a la estadística se estima la producción ecuatoriana entre las 12.000 y 24.000 toneladas anuales; en cuanto a los usos la zanahoria blanca es recomendada en la dieta alimenticia de niños y ancianos convalecientes, mientras que en la medicina nativa se utiliza como cataplasma antiinflamatorios y antisépticos, aunque a la zanahoria blanca se la conoce por el uso de sus raíces, sin embargo, los tallos jóvenes se utilizan en ensaladas y las hojas como alimento para el ganado porcino o vacuno (Chilig, 2013).

## Valor nutricional

La Zanahoria Blanca es reconocida por su alto valor nutricional promedio, la parte blanda está compuesta por: materia seca (25,9%), almidón (72,18%), azúcares totales (3,72%), carbohidratos (86,30%), humedad (74,1%), a su vez se encuentran también minerales como calcio, fósforo, hierro, vitamina A y ácido ascórbico (Morales Morales, 2021).

## Variedad de Zanahoria

Existen dos tipos muy comunes, zanahorias blancas y amarillas; la zanahoria de tipo amarilla posee una textura harinosa siendo considerada atractiva al paladar, además, posee un potencial beneficioso para la elaboración de diversas preparaciones, sin embargo, hoy en día no se ha logrado aprovechar el valor nutritivo que ésta posee para la alimentación de niños pequeños y personas adultas mediante el uso de harinas, almidón o sémola; por otro, lado se tiene a la zanahoria de tipo blanca considerada como una alternativa de consumo en comparación a la yuca, por lo que los rendimientos y su valor nutritivo es elevado, además, es un alimento fácil de digerir, sano y muy resistente a enfermedades (Chilig, 2013).



**FIGURA 2.** Zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft)

## 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 Zanahoria

Blanca (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft)”

### **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 de textura del muffin elaborado.
- Evaluar la calidad sensorial del muffin elaborado utilizando cultivos andinos infrautilizados.

## **CAPÍTULO 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**

El Camote Morado (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) y Zanahoria Blanca (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) fueron adquiridos en el mercado Mayorista de la ciudad de Ambato, Provincia de Tungurahua.

##### **2.1.2 Proceso de obtención de harina de Camote Morado (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) y Zanahoria Blanca (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft)**

Para la obtención de las harinas, se empleó la metodología descrita por Salazar, Arancibia, et al. (2021a), los tubérculos fueron sometidos a un proceso de limpieza con agua y cepillados hasta eliminar todas las impurezas que se encontraron en la superficie, además se retiró la piel de cada uno de los tubérculos, posteriormente se realizó cortes de ~3 mm, se colocó en bandejas para su secado a una temperatura de 60 °C durante 4 horas en un secador convectivo (Gander MTN, Saint Paul, MN, EE. UU.) Finalmente, las rodajas secas de los cultivos andinos fueron molidos utilizando un molino para granos (DAEWOO DCG362), la molienda se realizó mediante el proceso de trituración hasta obtener un polvo fino (INEN, 2015).

##### **2.1.3 Preparación del muffin**

Para la elaboración de los muffins se tomó como referencia el método descrito por Silva Idrovo (2019), en el cual todos los componentes sólidos y líquidos se mezclaron en un procesador de alimentos (Thermomix TM, Wuppertal, Alemania) durante 3 minutos a velocidad alta para tener una mezcla homogénea, posteriormente la masa se dividió en porciones de 15 g y se colocó en moldes para muffins. El horneado se realizó en un horno (American A6, Riobamba, Ecuador) a 170 °C durante 11 min. Finalmente, los muffins fueron enfriados a temperatura ambiente durante una hora y se envasó en

bolsas termoselladas hasta su posterior análisis.

#### **2.1.4 Determinación de la mejor formulación**

Se determinó el mejor porcentaje de uso de harinas de cultivos andinos en el desarrollo de los muffins, utilizando dos porcentajes por cada harina (35 % y 45 %), estos valores se fundamentaron en base al estudio de (Silva Idrovo, 2019), con las mezclas se desarrollaron muffins y se evaluaron de manera visual cualitativa parámetros constantes en productos de este tipo. Asimismo, con la finalidad de evaluar aceptabilidad y corroborar los resultados se evaluó 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).

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

#### **2.2.1 Propiedades físico químicas**

##### **Actividad de agua**

La  $A_w$  (actividad de agua) se determinó según la normativa ISO 18787 ISO (2017), se utilizó un medidor de actividad acuosa (AQUALAB 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 pH-metro digital (FISHER SCIENTIFIC, AB200, EE.UU.) en base a la metodología descrita en la AOAC 981.12 (AOAC, 2005). En cuanto a la acidez, se determinó mediante la valoración con Na OH 0.1N, empleando fenolftaleína como indicador según la normativa AOAC 942.15 (AOAC, 2005). Lo cual, dicho análisis se realizó por triplicado desde el día 1, 7, 14 y 21. Los cálculos se realizaron utilizando la ecuación 1.

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

Donde:

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

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

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

**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 descrita por la AOAC 925.10 (AOAC, 2005). Las muestras de muffins fueron troceadas de manera homogénea, se pesó y se colocó en una cápsula de porcelana, se introdujo la cápsula con la muestra en la estufa a  $105^{\circ}\text{C} \pm 2$  por 24 horas. Luego, se retiró de la estufa y se dejó en un desecador por 40 minutos hasta que llegue alcanzar una temperatura ambiente (40 minutos) y se valoró su peso. La prueba se realizó por triplicado y será calculada empleando la siguiente fórmula:

$$\%H_t = H_1 - H_2 \times \frac{100 - H_1}{100} \quad (\text{Ecuación 2})$$

#### Proteína

El contenido de proteína se determinó según el método 955.39 propuesta en la norma AOAC 2005 (AOAC, 2005). Se pesó 2,2 g de la muestra y se transfirió al matraz Kjeldahl, se adicionó 15 g de mezcla catalizadora de sulfato de cobre con sulfato de potasio y 20ml de ácido sulfúrico concentrado al 98%, además se agitó el matraz hasta homogenizar la muestra, posteriormente se calentó evitando la formación de espuma hasta que la muestra presente un color azul pálido y se dejó enfriar. Para el proceso de destilación o titulación se añadió 10ml de hidróxido de sodio al 2% con 3 gotas de indicador rojo de metileno hasta obtener un color azul ligero. Se calculó el contenido de nitrógeno y el porcentaje de proteína de las muestras de muffin. El análisis correspondiente a proteína se desarrolló en el Laboratorio de Análisis y Control de Alimentos (LACONAL), su evaluación se realizó por triplicado.

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

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

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 en base a la metodología descrita en la norma AOAC 985.29 (AOAC, 1997). Para esto se pesó por triplicado 1g de muestra en vasos de precipitación de 500ml 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 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 minutos. Seguido de esto se enfrió a una temperatura ambiente con el fin de ajustar el pH a 7.5 con alrededor de 10 ml de NaOH 0.275N. Luego, se agregó 0.1ml de proteína 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 0.325N, se adicionó 0.2ml de enzima amilogucosidasa y se incubó a 60°C durante 30 minutos, igualmente con agitación continua.

Una vez finalizado el tiempo de incubación se agregó 280 ml de etanol al 95% previamente calentado a 60°C hasta su precipitación durante una hora. Para proceder con el filtrado, el crisol con célite fue pesado y humedecido 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 20 ml de etanol 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 registrará su peso. Luego, se evaluará el contenido de proteínas de uno de los residuos, para lo cual se utilizará 6.25 como factor de conversión. El otro residuo de los triplicados se lo calcinó 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 2.

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

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 3.

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

Donde:

**M:** masa de la muestra, promedio de la masa de 2 muestras (mg).

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

**P y C:** masa (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 ~ 6g de muestra empleando papel filtro y se colocó dentro de un cartucho de celulosa en forma de dedal y se depositó 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 contuvo la muestra, de esta manera se extrajo 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.

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

**W<sub>2</sub>**: peso del vaso de extracción más grasa (g)

**W<sub>0</sub>**: peso del vaso vacío (g)

**W<sub>1</sub>**: 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 y se utilizó tres muestras para cada tratamiento, utilizando la siguiente ecuación:

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

(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 tararlo. Posteriormente se puso 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 lo descrito en la metodología AOAC 923.03 (AOAC, 2005). Esto se lo realizó por triplicado y se calculó el contenido de cenizas mediante la ecuación 5.

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

Donde:

P<sub>1</sub>= Peso del crisol con las cenizas en gramos

P<sub>0</sub>= Peso del crisol vacío en gramos

P= Peso de la muestra en gramos

### **2.2.3 Colorimetría**

Se evaluó 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, RM200, EE. UU), con un iluminador D65 (luz natural) y observador

estándar D10, y los resultados fueron directamente procesados por el equipo con el programa SpectrMagic NX (KONICA MINOLTA, Japón, 2011) (Salazar, Arancibia, et al., 2021a).

#### **2.2.4 Tamaño del alveolo**

Para determinar el tamaño de alveolo se utilizó 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 procesó rebanadas de cada muestra, posterior, se evaluó un campo cuadrado de 3x3 cm de cada corte, buscando capturar la mayoría del área de miga de una rebanada de muffin individual. Una vez obtenidas las imágenes, se analizó el número y tamaño de alveolos.

#### **2.2.5 Textura**

En el perfil de textura (TPA) de los muffins se evaluó los 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 10mm/s, para una deformación del 25%.

### **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 desarrolló con 17 estudiantes de la Universidad Técnica de Ambato. Se evaluó las características como: color, olor, sabor, textura y aceptabilidad general. Se empleó una escala hedónica de cinco puntos, donde, al final de la prueba se solicitó a los catadores que seleccionen el muffin de mayor agrado y el de menor agrado, cuyos resultados de preferencia se expresaron en % de preferencia (Salazar et al., 2021).

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

El diseño experimental corresponde a un diseño completamente aleatorizado. Se usó el programa informático EXCEL (Microsoft Office, EE. UU.) para analizar los datos que se obtuvieron, además, se empleó el programa estadístico Infostat 2020 (Infostat, Universidad Nacional de Córdoba, España) por el cual se analizó las diferencias significativas mediante ANNOVA de comparaciones de medias a través de las pruebas de Tukey.

## CAPÍTULO III

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 Análisis preliminares

##### Concentración óptima de harinas

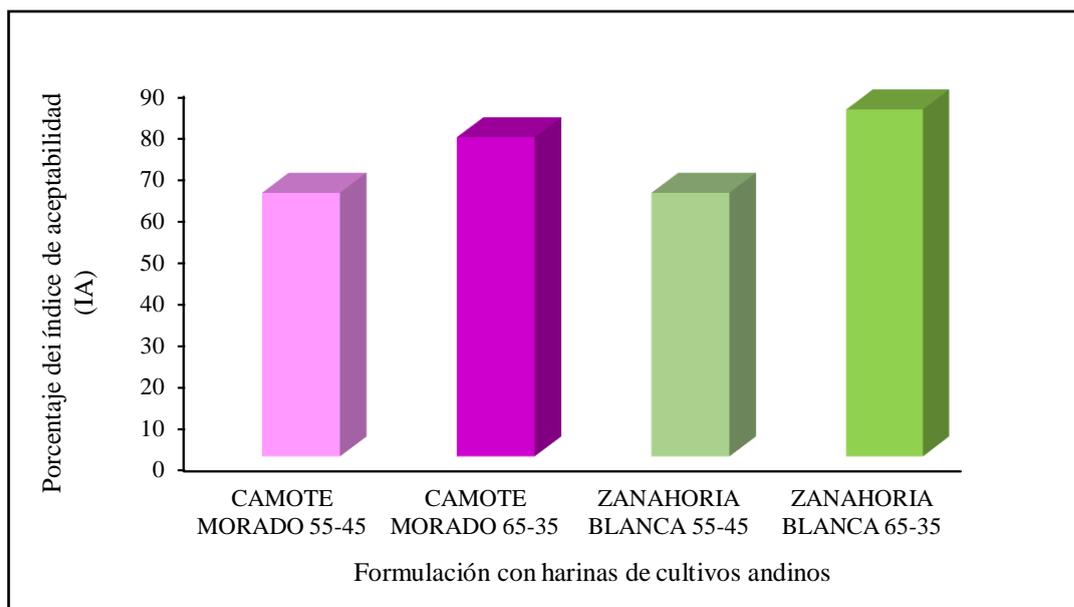
Para evaluar la concentración de harinas de cultivos andinos, partiendo de la premisa que este tipo de harinas tienen comportamientos diferentes se realizaron estudios previos para evaluar su capacidad de formación de masas esponjosas e identificar la formulación más adecuada (Tabla 1). Las muestras de muffins se elaboraron sin cambios en la composición, en todas las muestras siempre se mantuvo la composición de los ingredientes líquidos tales como: aceite, huevos, leche, yogurt, la sal y levadura química, así como la cantidad de azúcar, únicamente se varía en la formulación el tipo de harina de cultivo andino. En este sentido, todas las formulas incluido el control (harina de trigo) se diseñaron con el objetivo de enmarcar fórmulas saludables con bajo nivel en grasa, particularmente en grasas saturadas, bajo en azúcares y alto contenido de fibra en contraste con los muffins tradicionales a partir de harina de trigo. Los criterios utilizados incluyeron una lista de características de evaluación visual, como la capacidad de homogeneizar (entendiéndose por tal la capacidad de los distintos ingredientes para incorporarse en la mezcla y no formar grumos), horneado (comportamiento de la masa ante el proceso de cocción y en el que va a adquirir la apariencia, aroma, sabor y textura típica), capacidad de elevación (o de conservación del gas producido por la levadura o polvo de hornear) y capacidad de formación de alveolos (espacios en la masa), así como su aptitud para formar una masa esponjosa. Ajustando estos parámetros, las masas se clasificaron arbitrariamente en tres grupos: (-) sin capacidad, (+) capacidad moderada y (++) buena capacidad.

**TABLA 1.** Capacidad de las mezclas de harinas para formar un producto esponjoso.

<b>Formulaciones</b>	<b>Capacidad de Homogeneizar</b>	<b>Horneado</b>	<b>Capacidad de Elevación</b>	<b>Capacidad de formación de alveolos</b>
45 % Harina camote morado 55 % Fase Líquida	++	+	+	+
35 % Harina camote morado 65 % Fase Líquida	++	++	++	++
45 % Harina zanahoria blanca 55 % Fase Líquida	++	+	+	+
35 % Harina zanahoria blanca 65 % Fase Líquida	++	++	++	++

A la vista de los resultados cualitativos se observó que la mezcla de 35 % de harina con 65 % de la fase líquida es la que mejores resultados en base a la escala desarrollada muestran.

Asimismo se desarrolló una evaluación sensorial de aceptabilidad para poder evaluar el índice de aceptabilidad (IA) de los muffins, la escala de valoración consideró a 5 como *me gusta* y 1 *no me gusta*, valores superiores al 70% de IA indican que los catadores aceptan el producto (Dutcosky, 2011). En la Figura 3 muestran los resultados correspondientes al IA de los muffins desarrollados con harinas de cultivos andinos (camote morado y zanahoria blanca), los resultados muestran que la mezcla de 35 % de harina con 65 % de la fase líquida tiene un índice de aceptabilidad superior al 70 %, conjuntamente con la valoración cualitativa visual se establece que la formulación 35 % de harina y 65 % de fase líquida es la mejor mezcla.



**FIGURA 3.** Índice de aceptabilidad de los muffins a base de las harinas de trigo (control), camote morado y zanahoria blanca.

### 3.2 Propiedades fisicoquímicos, nutricionales y de textura del muffin elaborado.

#### 3.2.1 pH y acidez

Los resultados con respecto al pH y acidez en el día 1 se muestran en la Tabla 2. Los resultados permitieron establecer que con relación al pH si existió diferencias significativas ( $p < 0,05$ ). El pH de los muffins oscila de 5,5 - 9,5 respectivamente, no obstante, el pH varía según los ingredientes que se utilice en la formulación como yogurt, huevos, polvo de hornear y azúcar (J. Rodríguez, 2020). Además Otero, Rodríguez, y Tabares (2020) menciona que los leudantes (bicarbonato de sodio), una matriz hidratada de harina y azúcar durante el proceso de amasado y cocción son fundamentales para influir en las propiedades de los productos de panificación. El muffin de camote morado mostró un mayor pH con un valor de 7,27, seguido del muffin control con 7,07 y finalmente del muffin de zanahoria blanca con un valor de 7, lo que indica que son muestras que tienden a ser alcalinas.

Al realizar una comparación con el estudio de Silva Idrovo (2019) en el estudio para el aprovechamiento de cultivos andinos para la elaboración de muffins se observa que el valor es semejante (7,43), asimismo los obtenidos por Otero et al. (2020) en el estudio de diferentes tipos de polvos de hornear en las propiedades de calidad de las magdalenas, donde se presentaron valores que oscila de 7,37 a 7,90, mostrando una

tendencia alcalina debido al polvo de hornear.

Es importante destacar que el pH de las harinas es un parámetro importante a considerar en el desarrollo de productos de pastelería, en este sentido, Gusque (2022) reporta que la harina de camote morado posee un valor de 6,94 de pH, este resultado concuerda con la investigación realizada por (Techeira, Sívoli, Perdomo, Ramírez, y Sosa, 2014) donde se menciona que la harina de camote oscila con un valor de 5,70 a 6,5. Paredes (2021) menciona que el pH del almidón de la zanahoria blanca es de 8,09, este valor se atribuye elevado debido a las condiciones del suelo en el que fue cultivado el tubérculo, mientras que Salazar, Arancibia, et al. (2021a) obtuvieron un valor de 6,29, este resultado concuerda con el estudio realizado por Vele (2019), con un pH de 6,30 en la harina de zanahoria blanca.

Los valores de la acidez indican que el muffin desarrollado con harina de camote morado tiene mayor acidez con un valor de 0,039 % de ácido láctico y tanto los muffins con harina de trigo (control) como la de la zanahoria blanca mantienen el porcentaje de ácido láctico con un valor de 0,033%. Los resultados permitieron establecer que no existen diferencias significativas entre las muestras ( $p > 0,05$ ). La acidez presente en los muffins pueden verse afectados debido a los ingredientes usados en la formulación como el yogurt, que tiene un pH de 4,0 a 4,6, considerándole ácido, además, podría estar vinculada de manera directa a la acidez de las harinas.

En el estudio de Salazar, Arancibia, et al. (2021a), se observó que la harina de camote morado y zanahoria blanca mantienen una acidez de 0,25 y 0,31 % de ácido láctico lo cual, los valores obtenidos en el presente estudio muestran que los muffins desarrollados con harina de camote morado y zanahoria blanca tienen una acidez respectivamente baja. Estos resultados son diferentes a los reportados en el estudio de Silva Idrovo (2019) en muffins con mezclas de harinas de cultivos andinos que reportaron un valor de 0,096 % de ácido láctico, esta diferencia podría atribuirse a que en los otros cultivos andinos que formaron parte de la mezcla tienen componentes ácidos como el ácido ascórbico o tartárico, lo que conlleva a elevar el valor de acidez.

### **3.2.2 Actividad de agua ( $a_w$ )**

La actividad del agua ( $a_w$ ) mantiene una relación directa con la humedad del producto, permite deducir la estabilidad del alimento con relación a los cambios bioquímicos, enzimáticos, microbianos y fisicoquímicos (Toapanta, 2023). Al tener una actividad

de agua alta entre 0,94 y 0,99 hace que los productos de panificación lleguen a ser afectados por una fuente principal de contaminación que son los mohos, específicamente los géneros *Penicillium* y *Aspergillus*, conllevando a tener un producto con una textura viscosa, una miga descolorida, pastosa y pegajosa (Portales, 2020). La muestra control mostró una mayor  $a_w$  con 0,93, seguido de la muestra de zanahoria blanca con 0,90, este valor se considera moderado alto (Salazar, Arancibia, Silva, et al., 2021). La muestra de muffin de camote morado es la que menor  $a_w$  muestra con un valor de 0,87, lo que indica que contiene una cantidad de agua moderada, siendo la menos propensa a una contaminación microbiana. Según Lakshmikantha et al. (2017) en su investigación reportó una  $a_w$  de 0,928 en la miga de la magdalena tras un horneado de 30 minutos, mientras que en la corteza de la magdalena disminuyó a 0,700. Silva Idrovo (2019) reportó en muffins libres de gluten en base a mezclas de harinas de cultivos, valores que superan 0,92 de  $a_w$  en los muffins. La muestra de camote morado al tener menos actividad de agua podría tener vida útil más larga, debido a que el alimento no podría sufrir algún ataque microbiano debido a las condiciones de almacenamiento (Moreno López y Andahua Castellano, 2020).

### **3.2.3 Composición proximal**

Los resultados de la composición proximal de los muffins se presentan en la Tabla 2. Con respecto a los valores de la humedad, muestran diferencias significativas entre las muestras de muffins ( $p > 0,05$ ). El muffin control y el muffin con harina de zanahoria blanca muestran mayor porcentaje de humedad en un rango que oscila de 29 a 31%, resultados semejantes se obtuvieron en el estudio de Nieto (2019) en la elaboración de muffins con harina de arroz y bajos porcentajes de harina de sorgo y amaranto (50, 36 y 13%), esto se atribuye a que la muestra de zanahoria blanca posee mayor humedad con respecto a la muestra de camote morado, debido probablemente a que la zanahoria blanca posee mayor capacidad de hinchamiento y de retención de agua (Silva Idrovo, 2019).

Por otro lado, el muffin de camote morado muestra un bajo porcentaje de humedad (21,49 %), este valor comparado con el estudio de Pérez (2023) en el desarrollo de cupcake a base de harina de quinua tostada y harina de trigo, muestra un valor similar con 25,07 % de humedad, mientras que el estudio de Neri (2016), reporta un valor bajo de 4,90 % de humedad en la elaboración de muffins reducidos en gluten con

harina de camote morado, este resultado probablemente se atribuye a la misma formulación o a la capacidad de hinchamiento ocasionada de la harina utilizada (Silva Idrovo, 2019). Según Arellano y Rojas (2017) en su estudio del efecto de sustitución parcial de harina de trigo por harina de camote en cupcakes obtiene un valor de 6,37% de humedad, el valor reducido de humedad en este estudio considera la posibilidad de atribuirlo al tamaño de partícula de la harina utilizada, en este caso la granulometría en las harinas afecta considerablemente la humedad, debido a que las harinas con tamaños de partículas grandes producen masas con mínima resistencia en el horneado produciendo muffins oscuros, menos extensos y con una baja humedad. Mientras Akter, Asaduzzaman, y Rahman (2022) en la investigación de adición de polvo de cáscaras secas de camote en cupcakes reportaron el 22,75 % de humedad en la muestra de trigo (control) y en las muestras con polvo de camote oscilaron entre el 12,06 % y 21,15 %.

Según Pérez (2023) indica que los muffins y cupcakes a una humedad alta hacen que sea un producto demasiado húmedo y difícil de conservar su forma, mientras que al tener una humedad relativamente baja el producto llega a ser quebradizo y seco, sin embargo se debe considerar que el porcentaje de humedad llega a variar según las condiciones de almacenamiento y los ingredientes.

Los resultados en cuanto al contenido de proteína mostraron diferencias significativas entre las muestras ( $p < 0,05$ ), la muestra control presenta mayor porcentaje de proteína con 12,80%, resultado que era de esperarse debido al gluten de la harina de trigo, seguido de la zanahoria blanca con 7,86 % y camote morado con 7,40 %. En el estudio realizado por Salazar, Arancibia, et al. (2021a) sobre la composición química de harinas de los cultivos andinos se reportan valores de la harina de camote morado y zanahoria blanca de 4,65 % y 2,1 % respectivamente, los valores de proteína reportados en estas harinas corresponden al carácter leguminoso y a la alta capacidad de fijación de nitrógeno de los cultivos andinos.

Estas características validan el hecho de que el valor proteico de los muffins sea reducido, ya que a pesar que se utilizan otros componentes estos no se consideran suficientes para incrementar el valor proteico y superar el valor del control. Neri (2016), en el desarrollo de muffins a base de harina de camote amarillo y blanco reporta un valor que oscila de 6,73 a 9,27% siendo valores similares al obtenido en este

estudio, mientras que la investigación de Corado y Escamilla (2017) se reporta un valor de 10,6 % de proteína en la evolución del potencial de la papa y zanahoria blanca como ingredientes de panificación. (Corado Navarro y Escamilla Casco, 2017) mencionan que los tubérculos andinos poseen un escaso contenido de proteína, sin embargo, son ricos en hidratos de carbono. Mientras que en el estudio de aceptabilidad de un pan dulce enriquecido nutricionalmente con harina de habas, amaranto y chía, M. Jiménez, Giménez, Farfán, y Sammán (2019) reporta valores de 11,43 % en la harina de trigo, 16,57 % en la harina de amaranto, 21,94 % en la harina de haba y 20,9 % en la harina de chía.

En relación al contenido de grasa se puede observar diferencias significativas ( $p < 0,05$ ), la muestra de camote morado es la que mayor porcentaje de grasa posee con 9,96%, seguido de la muestra control con 9,65% y la muestra de zanahoria blanca con 6,19%. Estas divergencias pueden ser ocasionadas debido al contenido de grasa de las harinas de procedencia (Silva Idrovo, 2019). Salazar, Arancibia, et al. (2021a) en la investigación sobre el desarrollo de muffin a partir de mezclas de cultivos andinos, obtuvieron valores de 0,37 % y 0,69 % en las muestras de camote morado y zanahoria blanca, siendo estos valores bajos a comparación del presente estudio, sin embargo, los valores pueden verse afectados debido a la variedad del cultivo y su zona geográfica, a las propiedades tecnológicas de las harinas para retener en su estructura la grasa y formar una masa estable, que evidentemente en el estudio de Salazar, Arancibia, Silva, et al. (2021) se evidencia ya que según lo reportado gran parte de la grasa podría perderse en el proceso de horneado.

Con respecto a la fibra dietética se observó diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre las muestras, el muffin de zanahoria blanca es la muestra con mayor contenido de fibra de 8,02%, seguido de camote morado con 7,33% y finalmente el control con 6,62%. Estos resultados se atribuyen a la presencia de fibra en las harinas con las cuales se desarrolló los muffins del presente estudio. Al comparar con la investigación de Neri (2016) en el desarrollo de harinas funcionales para la aplicación de muffins reducidos en gluten, se observa un valor que oscila desde 3,71 a 3,78% en la muestra de camote, siendo valores bajos a los reportados en la presente investigación. Toapanta (2023) menciona que el contenido de fibra dietética dependerá exclusivamente de la composición y concentración de polisacáridos, oligosacáridos, lignina y sustancias a

finas a la composición proximal de las harinas.

En cuanto al contenido de cenizas, la muestra de camote morado contiene mayor cantidad de cenizas con 2,70 %, seguido de la muestra de zanahoria blanca con 2,58 % y finalmente la muestra control con 1,45 %, estos resultados podrían atribuirse al contenido de minerales, entre los que más sobresalen están: potasio, fósforo, calcio, mismos que se encuentran en las harinas de tubérculos andinos (Toapanta, 2023). En el estudio realizado por (Neri, 2016) en la elaboración de muffins reducidos en gluten en base a harina de camote morado reportó un valor de 0,13 % y en base a la harina de camote amarillo un valor de 1,8 %, estos resultados indican que la diferencia podría deberse a la variedad del cultivo o la zona geográfica de procedencia.

Asimismo, al comparar los valores obtenidos con los reportados por Yurivilca (2023) el desarrollo de muffins libres de gluten a base de kañawa y tarwi fueron de 1,05 y 1,10 %, siendo estos valores bajos con relación a los obtenidos en el presente estudio, estos resultados podrían atribuirse también a la formulación con la que los autores trabajaron. Al comprar el valor de la muestra de zanahoria blanca con el reportado de Jaramillo (2023) en el estudio del efecto de sustitución parcial de la harina de trigo por la harina de avena y afrecho de zanahoria blanca en bizcochos, fueron valores casi similares con un valor de 3 % de cenizas. En relación al valor obtenido en el muffin de camote morado con el estudio de Silva Idrovo (2019), en el desarrollo de muffins a base de harina de camote morado, achira, mashua y sacarosa se tiene un valor de 2,43% de cenizas, teniendo porcentajes casi similares al presente estudio.

El contenido de carbohidratos totales mostró valores que oscilan entre 40,10 % a 51,2%, mostrando diferencias significativas de ( $p < 0,05$ ). Los muffins de camote morado son los que mayor cantidad de carbohidratos posee con 51,12%, valor que se asemeja al estudio realizado de Neri (2016) en muffins reducidos en gluten con un valor de 36,38 % en el muffin control y 44,28 % a 50,76 % en el muffin de camote, siendo valores similares a los encontrados en este estudio. Mientras que los muffins de harina de zanahoria blanca contienen un 44,40% de carbohidratos totales, valores similares se reportan en la investigación de Corado Navarro y Escamilla Casco (2017) donde el contenido de carbohidratos es 55,13 % en el estudio del valor nutritivo del pan sustituido por harina de zanahoria blanca fortificado, atribuyéndole como un alimento con un balance nutricional energético bueno. Sin embargo (Neri, 2016)

menciona que las diferencias pueden atribuirse a factores genéticos y ambientales (suelo y clima), estado metabólico, y estado de madurez de las materias primas que se estén utilizando.

Con relación al contenido calórico se observó que la muestra con mayor contenido corresponde al muffin de camote morado con 323,71 kcal/100g, seguido de la muestra control con 298,47 kcal/100g y la muestra de zanahoria blanca con 264,76 kcal/100g. Estos resultados difieren de los valores reportados por Hugo (2014) en su estudio la elaboración de cupcakes a base de almidón de achira y trigo que obtuvo un valor de 385 kcal/100g. De acuerdo con (Toapanta, 2023), los componentes que aportan energía en el organismo son los hidratos de carbono, las grasas y las proteínas. Los contenidos calóricos de este estudio muestran que los muffins desarrollados con harina de cultivos andinos tienen un mayor aporte de energía y podrían ser destinados para el consumo de personas que realizan actividad física exigente (Leidi et al., 2018).

**TABLA 2.** Resultados obtenidos del análisis proximal de los muffins de trigo (control), camote morado y zanahoria blanca, almacenados a 25°C.

<b>Parámetros</b>	<b>Control</b>	<b>Camote Morado</b>	<b>Zanahoria Blanca</b>
<b>pH</b>	7,07±0,05 <sup>b</sup>	7,19±0,02 <sup>a</sup>	7,10±0,02 <sup>b</sup>
<b>Acidez titulable (% ácido láctico)</b>	0,033±0,005 <sup>a</sup>	0,039±0,005 <sup>a</sup>	0,033±0,010 <sup>a</sup>
<b>Humedad (%)</b>	29,38±0,97 <sup>a</sup>	21,49±0,79 <sup>b</sup>	30,94±0,4 <sup>a</sup>
<b>Cenizas (%)</b>	1,45±0,31 <sup>c</sup>	2,70±0,18 <sup>a</sup>	2,58±0,14 <sup>b</sup>
<b>Proteína (%)</b>	12,80±0,05 <sup>a</sup>	7,40±0,05 <sup>c</sup>	7,86±0,05 <sup>b</sup>
<b>Fibra dietética (%)</b>	6,62±0,05 <sup>a</sup>	7,33±0,05 <sup>b</sup>	8,02±0,05 <sup>a</sup>
<b>Grasa (%)</b>	9,65±0,05 <sup>b</sup>	9,96±0,05 <sup>a</sup>	6,19±0,05 <sup>c</sup>
<b>Carbohidratos totales (%)</b>	40,10±0,73 <sup>b</sup>	51,12±0,95 <sup>a</sup>	44,40±0,54 <sup>b</sup>
<b>Actividad de agua (aw)</b>	0,93±0,01 <sup>a</sup>	0,87±0,051 <sup>b</sup>	0,91±0,01 <sup>a</sup>
<b>Calorías totales (Kcal/100g)</b>	298,47±1,20 <sup>b</sup>	323,71±0,82 <sup>a</sup>	264,76±0,35 <sup>a</sup>
<b>Calorías de la grasa (%)</b>	86,85±0,45 <sup>b</sup>	89,64±0,45 <sup>a</sup>	55,71±0,45 <sup>a</sup>
<b>Calorías de proteína (%)</b>	51,20±0,20 <sup>b</sup>	29,60±0,20 <sup>c</sup>	31,44±0,20 <sup>a</sup>

Las letras (a, b, c) indican diferencias significativas entre filas en cada composición, evaluada con la prueba Tukey al 95% de confianza.

### 3.2.4 Análisis de textura

La textura en los alimentos es fundamental para la aceptación por parte del consumidor, los parámetros de textura son indicadores de frescura y calidad, siendo una característica propia en la industria de panificación (Bartolozzo, 2015; Tochihutl, 2016). Los resultados del análisis de perfil de textura se presentan en la Tabla 3. Los resultados permiten evidenciar diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre la dureza y la masticabilidad, mientras que en la cohesividad, adhesividad y elasticidad no se observa diferencias significativas ( $p > 0,05$ ). La muestra control posee una dureza de 0,95 N, seguido de la muestra de camote morado con 6,31 N y la muestra de zanahoria blanca con 2,3 N, siendo la muestra de camote morado la que posee un valor más alto, esta característica puede verse afectada por la interacción entre el almidón y la proteína, o a su vez por la cantidad de grasa debido a que por sus características es un material de tipo plastificante que genera suavidad en los productos. Sin embargo, Acuña, Marchetti, Andrés, y Califano (2020) en el análisis de la miga de muffins sin gluten reemplazada con nuez pecan tiene una dureza de 6,0 N y para la muestra control 7,2N, mientras que Silva Idrovo (2019) en los muffin a base de la premezcla de cultivos andinos reporta valores de 28,078 N para la muestra control y 24,71 N para la muestra de camote morado, mashua, achira y sacarosa. La dureza aumenta en el transcurso del almacenamiento, mientras que observó una disminución en la elasticidad del muffin debido a la pérdida de humedad, lo que causa endurecimiento de la miga (Silva Idrovo, 2019).

En cuanto a la adhesividad la muestra que sobresale es el muffin de zanahoria blanca (1,03mJ), seguido de los muffins control (0,1mJ) y con un valor mínimo los muffins de camote morado (0,03mJ), este parámetro está estrechamente relacionado con el contenido de azúcar y humedad (González, Alvis, y Arrázola, 2015) (González et al., 2015). Acuña et al. (2020) en el desarrollo de muffin libres de gluten con nuez pecan reporta un valor de 0,06 J para el control y 0,110 J, mismos que son valores bajos y mantienen una relación con los obtenidos en el presente trabajo.

La cohesividad representa el trabajo que se requiere para superar las fuerzas de atracción de un alimento, además de las superficies de otros materiales con el alimento que se encuentre en contacto (González et al., 2015), las muestras que mayor cohesividad presentan es el muffin control y el muffin desarrollado con harina de

camote morado, debido a la resistencia interna de la estructura del muffin, sin embargo, el muffin de zanahoria blanca posee un valor menor a las dos anteriores. La elasticidad muestra valores que oscilan entre 1,48 a 1,93, siendo el muffin de camote morado el que presenta la mayor elasticidad, lo cual, concuerda con los valores obtenidos por Silva Idrovo (2019) en el desarrollo de muffins a base de la premezcla de harinas de cultivos andinos con 5,5 a 7,4 respectivamente; valores inferiores se reportaron en el estudio de Acuña et al. (2020) en los muffins a base de nuez pecan con un valor en la muestra control de (0,089) y la muestra de nuez pecan con un valor de (0,858).

La masticabilidad es la energía requerida para poder masticar un alimento y desintegrarlo hasta poder ingerirlo (González et al., 2015). La muestra de muffin que mayor sobresale es la de camote morado con 14,80 (mJ) seguido del muffin de zanahoria blanca con 3,80 (mJ) y la que menor parámetro de masticabilidad es el muffin control con 1,80 (mJ), estos resultados pueden atribuirse y relacionarse con el porcentaje de humedad, debido a que menor humedad la masa tiende a ser más dura y seca y por lo tanto difícil de masticar. Es así que la muestra de camote morado puede verse afectada debido a la fibra que posee este tubérculo, a mayor cantidad de fibra la textura del muffin es más masticable y densa. Jabeen et al. (2022) en desarrollo de cupcakes sin gluten con harina de almendras, linazas y garbanzo reporta valores de 4,53 (mJ) en la muestra control y en los tratamientos oscilan de 1,79 a 4,47 (mJ) de masticabilidad, mientras que R. Rodríguez, Alvarez, Ríos, Rioja, y Talens (2022) en el desarrollo de muffins libres de gluten a base de harina de arroz con almidón de maíz, muestran valores que oscilan de 3,0 a 3,60 (mJ), al tener valores altos de masticabilidad conlleva a tener dificultades para poder masticar, no obstante, el mismo autor menciona que al realizar un horneado por microondas podría mejorar el atributo de los muffins.

**TABLA 3.** Resultados del perfil de textura de los muffins elaborados a base de harina de trigo (control), camote morado y zanahoria blanca.

<b>Muestra</b>	<b>Control</b>	<b>Camote Morado</b>	<b>Zanahoria Blanca</b>
<b>Dureza (N)</b>	0,95±0,12 <sup>b</sup>	6,31±1,00 <sup>a</sup>	2,31±0,54 <sup>b</sup>
<b>Adhesividad(mJ)</b>	0,17±0,15 <sup>a</sup>	0,03±0,06 <sup>a</sup>	1,03±0,85 <sup>a</sup>
<b>Cohesividad</b>	1,25±0,23 <sup>a</sup>	1,24±0,20 <sup>a</sup>	1,00±0,17 <sup>a</sup>

<b>Elasticidad</b>	1,62±0,41 <sup>a</sup>	1,93±0,13 <sup>a</sup>	1,48±0,47 <sup>a</sup>
<b>Masticabilidad (mJ)</b>	1,80±0,4 <sup>a</sup>	14,80±5,54 <sup>a</sup>	3,80±2,50 <sup>b</sup>

Las letras (a, b, c) indican diferencias significativas entre filas en cada composición, evaluada con la prueba Tukey al 95% de confianza.

### 3.2.5 Tamaño de Alveolos

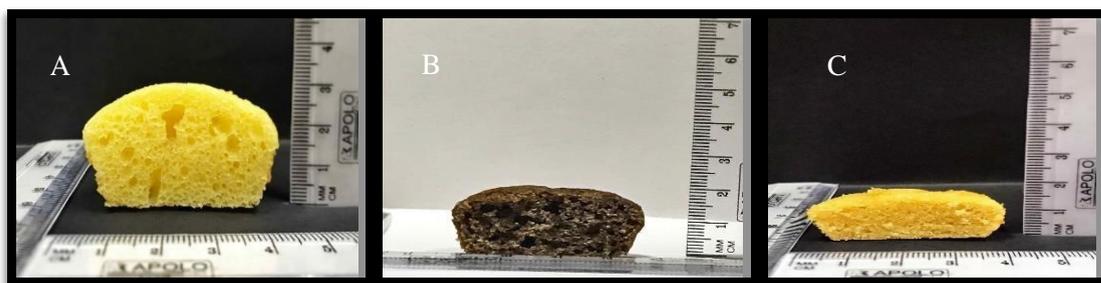
El resultado concerniente al tamaño de alveolos presentes en los muffins se muestra en la Tabla 4. Los resultados muestran que los muffins de trigo (control) tienen la mayor cantidad de alveolos en un rango de 0,010 a 1,09, seguido de los muffins de camote morado (0,010 – 1,00) y el muffin de zanahoria blanca (0,010 – 0,55) como se observa en la Figura 4. La formación de alveolos es una característica específica en productos de pastelería debido a la necesidad de formación de masas esponjosas, precisamente esa característica requiere de un reto tecnológico de producción y formulación, ya que la harina de trigo por sus características es la que genera la malla alveolar que estos productos muestran (Salazar, Arancibia, Silva, et al., 2021), en este sentido el uso de materias primas sin gluten representa un reto ante la deficiencia en la generación de la malla alveolar, precisamente el uso de materias primas diferentes puede generar productos similares a los homólogos desarrollados con harina de trigo.

Salinas (2018) menciona que la presencia de alveolos se basa también en aspectos como el aire incorporado durante el batido y la expansión en el momento de la cocción, sin embargo, al adicionar cualquier tipo de fibra en los ingredientes provoca que reduzca su volumen, debido a la disminución de elasticidad de la masa, en consecuencia, menos formación de alveolos se puede esperar en los muffins. Este comportamiento podría explicar ya sea el tamaño y número de alveolos encontrados en los muffins de cultivos andinos. Silva Idrovo (2019) reportó que los muffins de harina de trigo y mezcla de camote morado con achira y mashua tuvieron menos cantidad de alveolos en comparación con el muffin de harina de oca, mashua y achira, esto puede deberse a la baja fracción proteica, primordialmente en gliadinas  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\gamma$ , que provocan una consistencia seca que no expande y retiene el aire que se incorpora en el batido o gas que se genera por acción de la levadura química. Asimismo, al comparar con los resultados obtenidos por Chinchilla (2019) en el desarrollo de magdalenas a base de polvo de moringa, se tiene una cantidad baja de alveolos,

atribuido probablemente a que la moringa tiene menos cantidad de proteína, lo cual hace que la magdalena sea firme y compacta. Mientras que Silva et al. (2015) en la evolución y desarrollo de muffins a base de harina de trigo con pajuro reportó que en la estructura del muffin mantiene alveolos uniformes pequeños y de distribución homogénea. Por otro lado, el estudio de R. Rodríguez et al. (2022) reportan que tuvieron una alta cantidad de alveolos en los muffins con harina de arroz y almidón de maíz, este estudio concuerda con el de Martínez, Rodríguez, y Hernández (2015) en la elaboración de pan libre de gluten con almidón de maíz y harina de arroz con la adición de carboximetilcelulosa presentó una mayor cantidad de alveolos con masas más firmes y consistentes. Los valores reportados en esta investigación tienen una relación con la investigación de Correia, Alves, Sanches, Andrade, y Schmiele (2022) donde, reportó que el muffin con harina de orujo de oliva presentó una mayor cantidad de alveolos y desarrolló una textura suave en el muffin.

**TABLA 4.** Tamaño de alveolos de los muffins elaborados a base de harina de trigo (control), camote morado y zanahoria blanca almacenados a 25°C y 30% HR.

N°	Tamaño de Alveolos (cm)	Muffin Control	Número de alveolos	
			Muffin Camote Morado	Muffin Zanahoria Blanca
1	0,010 - 0,10	22	5	1
2	0,100 - 0,19	23	9	7
3	0,190 - 0,28	13	10	10
4	0,280 - 0,37	8	6	3
5	0,370 - 0,46	3	6	3
6	0,460 - 0,55	5	5	2
7	0,550 - 0,64	1	3	0
8	0,640 - 0,73	1	0	0
9	0,730 - 0,82	0	2	0
10	0,820 - 0,91	0	0	0
11	0,910 - 1,00	3	4	0
12	1,000 - 1,09	1	0	0
	<b>Total</b>	80	50	26



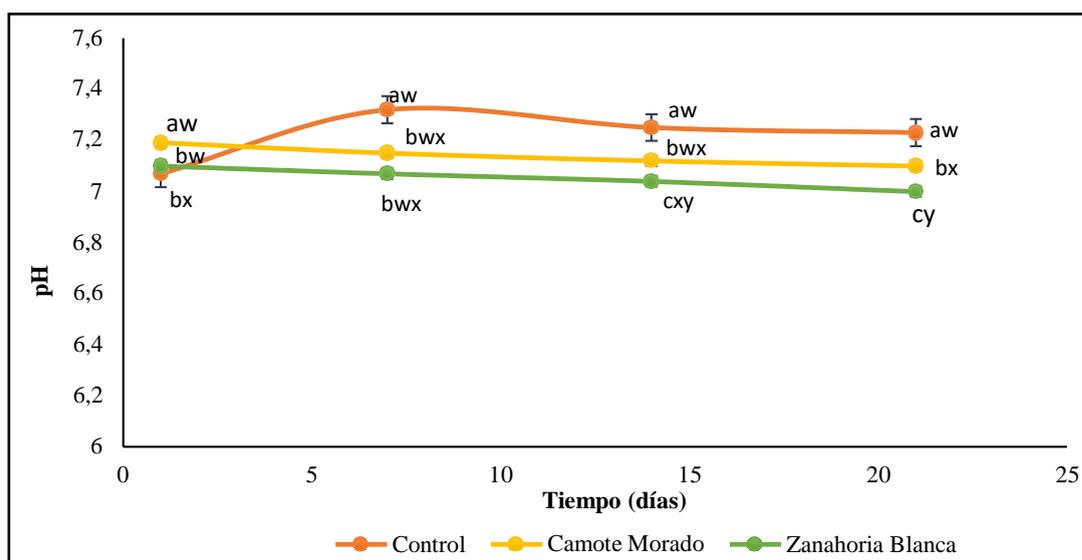
**FIGURA 4.** Apariencia y tamaño de los alveolos de los muffins elaborados. A) Muffin Control a base de harina de trigo. B) Muffin a partir de harina de camote morado. C) Muffin a partir de harina de zanahoria blanca).

### 3.2.6 Evolución del pH, acidez y color durante el almacenamiento.

En la Figura 5 se muestran los resultados de la evolución del pH durante 21 días de almacenamiento. Los muffins con harina de trigo (control) tuvieron un pH de 7,07, al inicio del almacenamiento, mientras que en el día 7 se observó un ligero ascenso, sin embargo, desde el día 14 al 21 se mantuvo con un pH estable de 7,23. Por otro lado, los muffins con harina de camote morado iniciaron con un pH de 7,19, y se observó un ascenso ligero durante los días restantes de almacenamiento. Se observa diferencias significativas entre las muestras ( $p < 0,05$ ) durante el período de almacenamiento. Los muffins desarrollados con harina de zanahoria blanca muestran un pH que oscila de 7,10 a 7,0 durante el almacenamiento. El descenso del pH en la muestra de zanahoria blanca puede deberse a la presencia de trazas de ácido ascórbico, procedente de la harina, estado de madurez y variedad del tubérculo (Cañar, 2023). Neri (2016) en muffin en base a harina de camote morado, amarillo y blanco reportaron valores de pH de 4,71; 4,60; 4,38 respectivamente, siendo estos menores a los obtenidos en la presente investigación. Esta diferencia podría atribuirse a la formulación empleada en los estudios, o a la naturaleza y origen de las harinas.

Mientras que en el estudio realizado por Núñez (2017) en cupcakes de zanahoria blanca y trigo reportan un valor de 5,87, valor bajo al reportado en el presente estudio, siendo un pH ácido, lo que indica que existe mayor estabilidad, por ende, se alarga la vida útil del cupcake, debido a que los microorganismos se reproducen a un pH inferior al obtenido en el estudio. Mientras que Torres (2015) en el estudio de la evaluación nutricional del cupcake a base de harina de achira, fortificada con harina de garbanzo indica un pH de 7,2 en la muestra control, valor semejante obtenido en la presente

investigación, mientras que en los demás tratamientos de cupcakes se tiene un pH que oscila de 5,7 a 5,9. Según la INEN (2005) reporta los valores límites de pH de 5,5 a 9,5 que se deben cumplir en galletas y productos similares, considerando los valores obtenidos en la investigación, se puede establecer que se encuentran dentro de los parámetros establecidos según la norma.

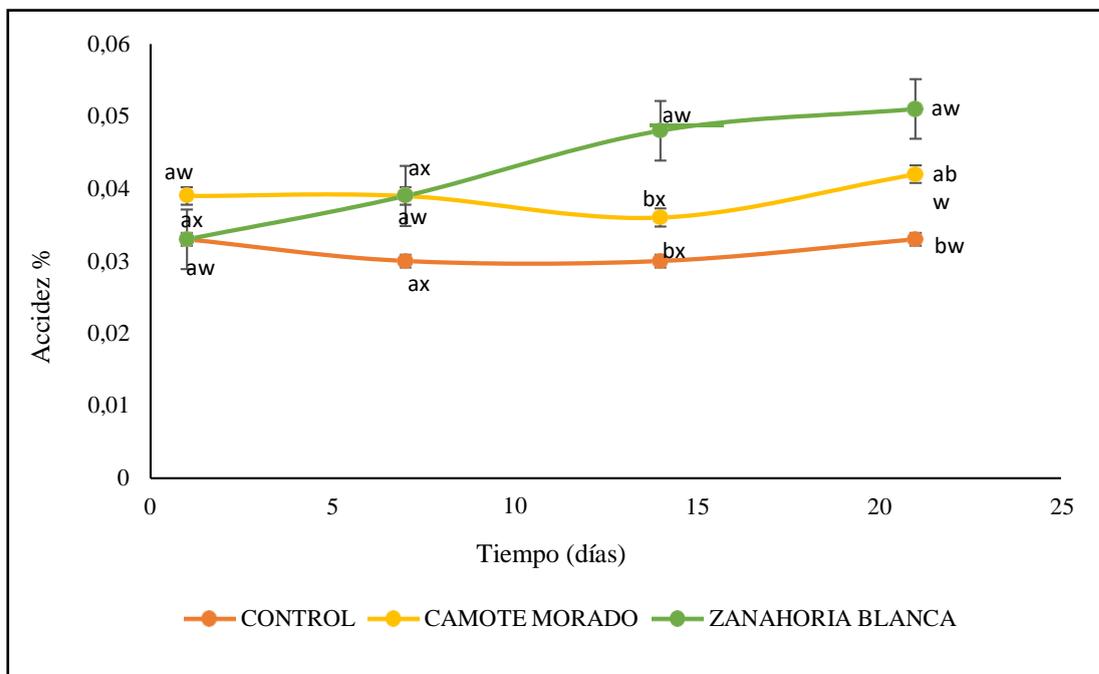


**FIGURA 5.** Evolución del pH de los muffins elaborados a base de harina de trigo (control), harina de camote morado y harina de zanahoria blanca en función del tiempo de almacenamiento. Los resultados pertenecen a las medias  $\pm$  de las tres mediciones y la desviación estándar. Letras (a, b, c) indican las diferencias significativas entre muestra al mismo tiempo ( $p < 0,05$ ), mientras las letras (w, x, y) indican diferencias significativas por muestra en el tiempo ( $p < 0,05$ ).

En cuanto a los valores de la acidez, se expresaron en porcentaje de ácido láctico, los porcentajes fluctuaron entre 0,030 y 0,051 % (Figura 6), los resultados muestran diferencias significativas entre las muestras ( $p < 0,05$ ). Los muffins de zanahoria blanca muestran un mayor porcentaje de acidez, seguida de los muffins de camote morado y finalmente los desarrollados con harina de trigo (control). Los factores que influyen en la acidez de la zanahoria, según Ziobro, Ivanišova, Bojanska, y Gumul (2022) mencionan que el período de almacenamiento prolongado, tiene como consecuencia cambios significativos en cuanto al color, acidez, fenólicos totales, carotenoides, actividad antioxidante y sólidos solubles, además, la acidez se ve afectada también por los ingredientes usados en la formulación como el yogurt, que tiene un pH ácido de

4,0 a 4,6. Neri (2016) reportó valores de acidez en muffins libres de gluten a base de harina de camote entre 0,007 % y el 0,036 %, valores que se asemejan a los obtenidos en el presente estudio, mientras que Silva Idrovo (2019) en muffins a base de mezcla de distintos cultivos andinos como camote morado, mashua, achira reportaron valores de acidez de 0,080%, valor alto al obtenido en la presente investigación.

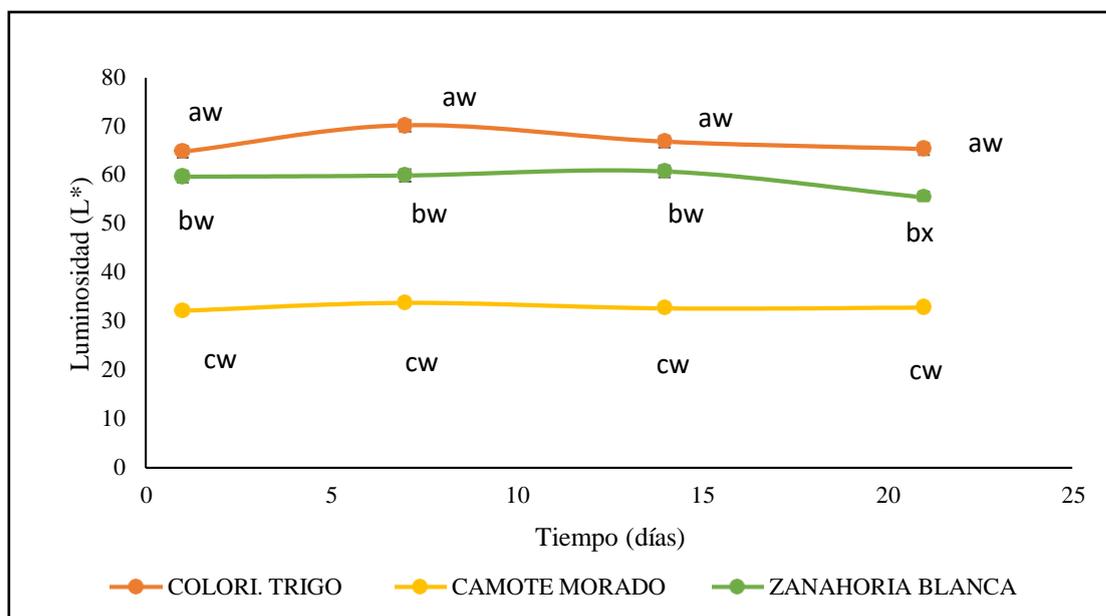
Según Toapanta (2023) señala que el tubérculo de camote morado contiene componentes como ácido fólico y ascórbico razón por la que este tubérculo podría generar acidez alta en los productos que con él se desarrolla. Núñez (2017) en el estudio de cupcakes con harinas de zanahoria blanca y trigo reportó la acidez del mejor tratamiento, con 0,2225 %, siendo este un valor bajo al obtenido en la presente investigación.



**FIGURA 6.** Evolución de la acidez de los muffins elaborados a base de harina de trigo (control), harina de camote morado y harina de zanahoria blanca en función del tiempo de almacenamiento. Los resultados pertenecen a las medias  $\pm$  de las tres mediciones y la desviación estándar. Letras (a, b, c) indican las diferencias significativas entre muestra al mismo tiempo ( $p < 0,05$ ), mientras las letras (w, x, y) indican diferencias significativas por muestra en el tiempo ( $p < 0,05$ ).

En cuanto a la evaluación del color, los resultados se muestran en la Figura 7, 8 y 9 durante 21 días de almacenamiento. En el parámetro de luminosidad no se observa

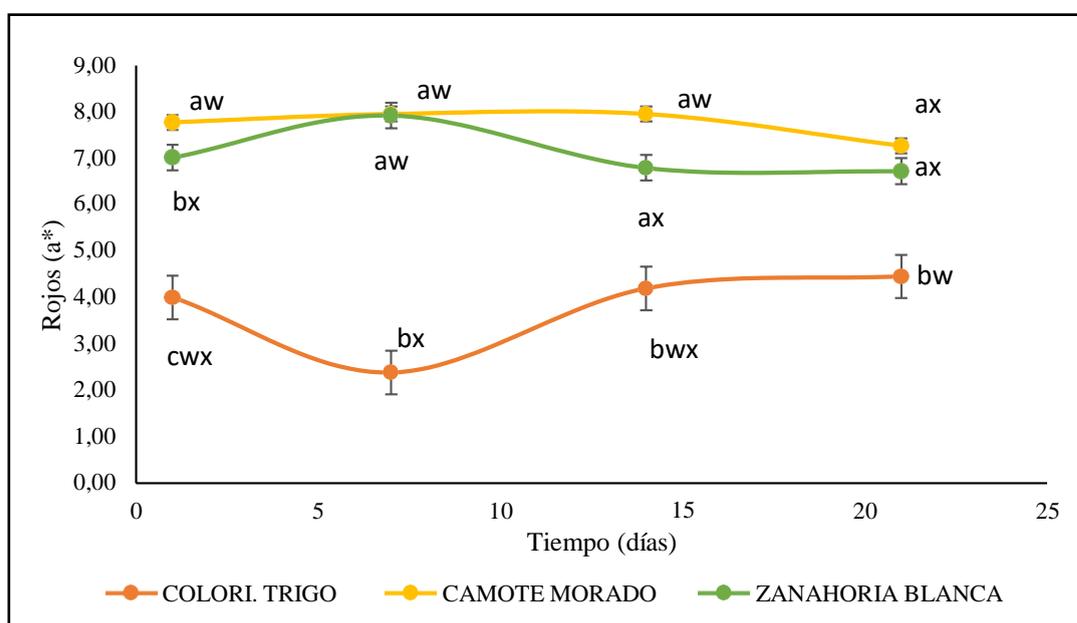
diferencia significativa entre las muestras ( $p > 0,05$ ). La muestra control presenta un valor mayor de luminosidad de 64,840, seguido del muffin de zanahoria blanca con 59,71 y finalmente el muffin de camote morado con 32,25. No obstante, no se observó diferencias significativas desde el día 7 al 21 en cada muestra, además, la muestra control y la muestra de zanahoria blanca, tiende a una luminosidad blanca atribuido principalmente a la coloración misma de las harinas de origen con las que se desarrollaron los muffins. Silva Idrovo (2019) indica que una pigmentación alta se debe al contenido de azúcares y pigmentos como carotenoides y antocianinas, la muestra de camote morado la pigmentación tiende a ser similar a la del chocolate, esto se debe a la presencia de carotenoides ( $\beta$ carotenos) y carotenos los cuales inciden en las reacciones de Maillard y la caramelización. Además, Zabala (2019) menciona que al aumentar la cantidad de proteína en los muffins se logra tener un color amarillo intenso en la corteza, es por ello que en las muestras del muffin control y en los muffins de zanahoria blanca poseen un alto valor en cuanto a la luminosidad.



**FIGURA 7.** Evolución del parámetro luminosidad ( $L^*$ ) en la miga de muestra de muffins de Camote Morado y Zanahoria Blanca durante 21 días de almacenamiento. Las diferentes letras (a, b, c) indican diferencias significativas entre muestras al mismo tiempo ( $p < 0,05$ ). Las diferentes letras (x, y, z) indican diferencias significativas por muestra en el tiempo ( $p < 0,05$ ).

En relación a la tendencia a los rojo/verde ( $a^*$ ) se puede evidenciar en la Figura 8 que

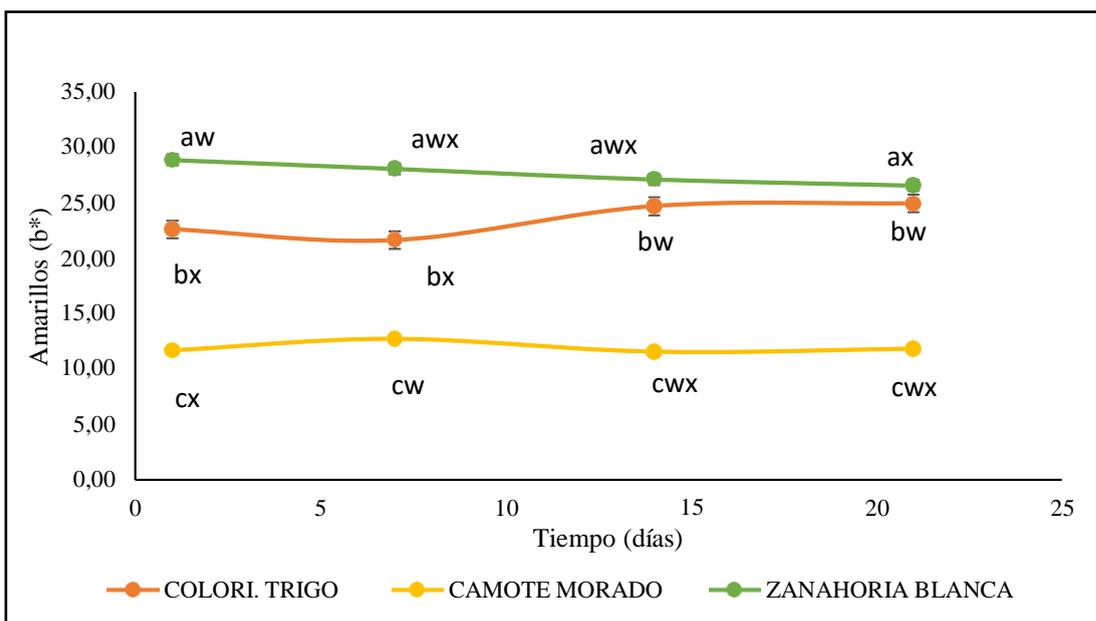
desde el día 1 muestran diferencias significativas entre muestras y durante el almacenamiento ( $p < 0,05$ ). En los muffins de camote morado y zanahoria blanca se observan los valores más altos y oscilan entre 7,27 – 6,73 respectivamente. La muestra de camote morado tiende mayor tendencia a rojos debido a la presencia de antocianinas, ácidos fenólicos y carotenoides (Salazar, Arancibia, et al., 2021a). Los muffin a base de trigo (control) y los muffins de zanahoria blanca mantienen valores bajos en esta tendencia, debido a que en su composición contienen mayor porcentaje de flavonoides y xantofilas, mismos que son responsables del color amarillento (Roncallo et al., 2009).



**FIGURA 8.** Evolución del parámetro rojos/ verdes ( $a^*$ ) en la miga de muestra de muffins de Camote Morado y Zanahoria Blanca durante 21 días de almacenamiento. Las diferentes letras (a, b, c) indican diferencias significativas entre muestras al mismo tiempo ( $p < 0,05$ ). Las diferentes letras (x, y, z) indican diferencias significativas por muestra en el tiempo ( $p < 0,05$ ).

En relación al parámetro de tendencia a amarillos ( $b^*$ ) (Figura 9) se observa diferencias significativas entre las muestras y en el período de almacenamiento ( $p < 0,05$ ). Los muffins de zanahoria blanca y los muffins de trigo (control) poseen valores altos en un rango que oscila de 21,63 a 28,87. Vasquez (2018) reportó en cupcakes un valor de 14,88 en tendencia a amarillos para trigo, mientras que en el estudio de Salazar, Arancibia, et al. (2021a), siendo valores bajos en comparación a los reportados en la presente investigación. Estos resultados podrían atribuirse a la naturaleza de las

materias primas, la presencia de componentes como carotenoides o flavonoides que podrían generar esa tendencia hacia los tonos amarillos. Los muffins de trigo y zanahoria blanca presentan valores más altos debido a que muestran una tonalidad amarilla acorde al color característico del cultivo. Toapanta (2023) menciona que las tonalidades amarillas se dan debido al contenido de flavonoides y carotenoides presentes en el germen de trigo y en las capas externas del grano (salvado), influyendo el color en la miga del muffin.



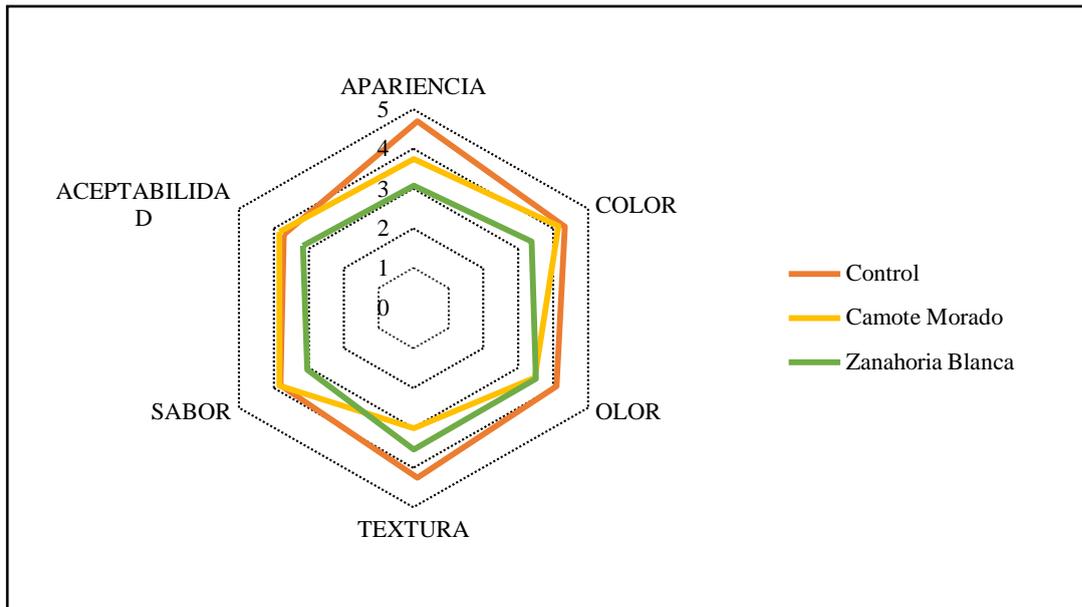
**FIGURA 9.** Evolución del parámetro amarillos ( $b^*$ ) en la miga de muestra de muffins de Camote Morado y Zanahoria Blanca durante 21 días de almacenamiento. Las diferentes letras (a, b, c) indican diferencias significativas entre muestras al mismo tiempo ( $p < 0,05$ ). Las diferentes letras (x, y, z) indican diferencias significativas por muestra en el tiempo ( $p < 0,05$ ).

### 3.3 Análisis sensorial

Los resultados de la evaluación sensorial de los muffins elaborados a base de harinas de camote morado, zanahoria blanca y trigo (control) se muestran en la Figura 10. La evaluación se realizó mediante una escala hedónica en la que se evaluó los parámetros de color, olor, textura, sabor y aceptabilidad. Los resultados obtenidos muestran que el muffin con mayor aceptabilidad, color y sabor, es la muestra de camote, seguido del control y finalmente la muestra de zanahoria blanca.

Los resultados se asemejan con los reportados por Arellano y Rojas (2017), en el desarrollo de muffins a base de harinas de oca, harina de camote morado, almidón de camote morado, y harina de fruta de pan, lo que lo catalogan como un producto llamativo con un alto potencial nutritivo. En cuanto al parámetro olor, los muffins de la muestra control y zanahoria blanca se encuentran en un valor cercano a 4, categorizado como “me gusta”, mientras que los muffin de camote morado se encuentra con un valor de 3, categorizado como “Ni me gusta, ni me disgusta”, En cuanto a la apariencia, los muffins de la muestra control y los de camote morado mostraron un valor alto, categorizado como “me gusta”, debido a la uniformidad y consistencia, haciendo que el aspecto visual sea más armonioso ante el panelista . El color que muestra los muffins de camote morado resaltan el producto final, lo cual, Moreno y Andahua (2020), mencionan el camote morado posee antocianinas los que brindan el pigmento característico a este tubérculo.

Los muffins a base de harina de zanahoria blanca fue la que menos aceptación y apreciación tuvo, catalogada como “Ni me gusta ni me disgusta” debido a que los panelistas la denominaron como insípida, además los panelistas tenían un desconocimiento sobre los cultivos andinos, en especial el de la zanahoria blanca. No obstante, en el estudio de Núñez (2017) se obtuvo una mayor aceptación del cupcake con una concentración de 75 % de harina de trigo con una sustitución del 25 % de harina de zanahoria blanca, de igual manera, en la investigación de Jaramillo (2023), se obtuvo mayor aceptabilidad en el bizcocho con una formulación (5 % AZ; 25 % HA; 70 % HT) teniendo características sensoriales buenas.



**FIGURA 10.** Perfil sensorial de los muffins elaborados a base de harinas de cultivos andinos (Camote morado y Zanahoria Blanca).

## CAPITULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1 Conclusiones

- Los resultados de la investigación determinaron que la mejor concentración de harinas de cultivos andinos de camote morado y zanahoria blanca para la elaboración de muffins fue de 65% en la fase líquida con el 35% en la fase sólida (harina), además las propiedades tecnológicas de las harinas permitieron obtener un producto esponjoso con un dulzor equilibrado y consistente, teniendo un producto similar a la muestra control en base a harina de trigo. De igual manera, estos productos presentan características funcionales, debido al alto contenido de fibra y proteína, además la presencia de carotenoides y antocianinas.
- Los análisis de los productos elaborados con harinas de cultivos andinos mostraron que el pH, acidez y cenizas de la muestra de camote morado poseen un valor alto, mientras que la fibra dietética y la proteína superó los valores en la muestra de zanahoria blanca. En el perfil de textura la muestra que sobresale es la de camote morado, sin embargo, en la adhesividad muestra mayor índice el muffin de zanahoria blanca, mientras que la masticabilidad y la elasticidad el muffin de camote morado. De igual manera la muestra de camote morado obtuvo una mayor cantidad de alveolos comparados con los de zanahoria blanca, en cuanto a la coloración los muffins a base de harina de trigo y zanahoria blanca presentan luminosidad y tonalidades amarillas altas, mientras que la tonalidad roja sobresale el muffin de camote morado.
- La evaluación sensorial permitió determinar que los muffins a base de harina de camote morado tuvieron una mejor aceptabilidad por parte de los catadores, debido a que su olor, color y sabor son característicos al de un cupcake de chocolate, además el equilibrado dulzor que posee lo hizo un producto más llamativo. La muestra de zanahoria blanca fue la menos aceptada, debido a que

los catadores mencionaron que posee un sabor insípido, textura pegajosa y su olor no era característico a la zanahoria blanca.

#### **4.2 Recomendaciones**

- Se recomienda utilizar un edulcorante no calórico natural dentro de la formulación de los muffins para obtener un producto que podría ser aceptado de mejor manera.
- Utilizar un conservante natural para alargar la vida útil de los muffins, además de adicionar nuevos saborizantes para tener una mejor aceptación por parte del consumidor.
- Realizar análisis microbiológicos con el fin de determinar el tiempo de vida útil de los muffins.

## MATERIALES DE REFERENCIA

- Acuña, M. S., Marchetti, L., Andrés, S. C., y Califano, A. N. (2020). *Aprovechamiento del expeller de nuez pecan en muffins libre de gluten*. Paper presented at the XXI Congreso Latinoamericano y del Caribe de Ciencia y Tecnología de Alimentos y XVII Congreso Argentino de Ciencia y Tecnología de Alimentos-CyTAL®-ALACCTA 2019 (Buenos Aires, 20 al 22 de noviembre de 2019).
- Akter, S., Asaduzzaman, M., y Rahman, M. (2022). Effects of Addition of Dried Sweet Potato Peels Powder on the Quality Characteristics of Cupcakes. *Annual Research & Review in Biology*. doi:DOI: 10.9734/ARRB/2022/v37i1030535
- Apala, V. (2021). *Evaluación comparativa de la calidad nutricional de germinados de tres granos andinos (Quinua, Cañahua y Amaranto) con la alfa alfa, en el Centro Experimental de Cota Cota, departamento de La Paz*. Universidad Mayor de San Andres La Paz, Bolivia. Retrieved from <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/27514/T-2960.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- April-Lalonde, G., Deaconu, A., Cole, D. C., Batal, M. J. E. o. F., y Nutrition. (2023). Traditional Food Consumption in Andean Ecuador and Associated Consumer Characteristics, Shopping and Eating Habits. *62*(5-6), 308-333.
- Arellano, E., y Rojas, I. (2017). *"Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo (triticum aestivum) por harina de arvejas (pisum sativum) y harina de camote (ipomoea batatas) en las características tecnológicas y sensoriales de cupcake."*.(Tesis de Pregrado), Universidad Nacional del Santa, Perú
- Arguero, B., y Carua, J. (2020). *Identificación y caracterización botánica de plantas mucilaginosas de los andes ecuatorianos en Cotopaxi e Imbabura*. Ecuador: Latacunga .(Tesis de Pregrado), Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC).
- Bartolozzo, J. (2015). *Desarrollo de películas de harina de triticale como recubrimiento de productos de panificación tipo "muffins" y su efecto durante el almacenamiento*. .(Tesis de Pregrado), Universidad Nacional de Córdoba Córdoba. Retrieved from <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/16985/13857%202015%20tesis%20Bartolozzo%20Julieta.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bonete, M., Urquizo, C., Guevara, R., y Yáñez, P. J. Q. (2016). Estudio de cuatro

tubérculos y raíces tuberosas no tradicionales de la sierra centro de Ecuador y su potencial de uso en platos de autor. 12, 37-67.

- Cañar, A. (2023). *Influencia del uso de cultivos andinos Zanahoria blanca (Arracacia xanthorrhiza) y Mashua (Tropaeolum tuberosum) en el desarrollo de galletas dulces*. (Tesis de Pregrado), Universidad Técnica de Ambato, Ambato. Retrieved from <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/37895/1/CAL%20026.pdf>
- Chalampunte, D. (2021). *Estudio de la diversidad morfológica y eco-geográfica en tres cultivos andinos del Ecuador: el caso del tarwi (Lupinus mutabilis Sweet.), jícama (Smallanthus sonchifolius [Poepp. & Endl.] H. Robinson), Y miso (Mirabilis expansa Ruiz & Pav. Standley)*. (Tesis de doctorado), Universidad de Santiago de Compostela España. Retrieved from file:///C:/Users/Usuario/Downloads/rep\_2532.pdf
- Chilig, C. (2013). *“Elaboración de harina de zanahoria blanca para utilizar en productos de panificación y definir niveles de aceptabilidad”*. (Tesis de Pregrado), Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Retrieved from <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/9682/1/84T00264.pdf>
- Chinchilla, M. (2019). Magdalenas con polvo de hojas de Moringa (Moringa oleífera): mejora nutricional y aceptabilidad.
- Corado, M., y Escamilla, A. (2017). Elaboración de un pan dulce (tipo muffin) libre de materia prima animal como alternativa de producto vegano su evaluación sensorial, fisicoquímica y microbiológica.
- Corado Navarro, M. J., y Escamilla Casco, A. M. (2017). Elaboración de un pan dulce (tipo muffin) libre de materia prima animal como alternativa de producto vegano su evaluación sensorial, fisicoquímica y microbiológica.
- Correia, E., Alves, D., Sanches, B., Andrade, N., y Schmiele, M. (2022). Development of muffin with the incorporation of olive pomace flour, extra virgin olive oil and hydrolyzed soy protein. *Research, Society and Development*, v. 11. doi: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i2.26012>
- Deaconu, A., April-Lalonde, E. S. S. M. P. P. B. P. L. D. C. F. M. P. O. R. B. M. A. E. E. G., Mercille, G., y Batal, M. J. B. n. (2021). Promoting traditional foods for human and environmental health: lessons from agroecology and Indigenous communities in Ecuador. 7, 1-14.

- Dutcosky, S. D. (2011). *Análisis sensorial de alimentos* (3a ed.). Curitiba.
- Figuroa, W. (2023). *Diagnóstico de producción de papas nativas (solanum ssp.) en la comunidad campesina de Marjuni, distrito de Lambrama, provincia de Abancay, región Apurímac*. (Tesis de Pregrado), Universidad Tecnológica de los Andes, Perú. Retrieved from [https://repositorio.utea.edu.pe/bitstream/utea/558/2/Diagn%20de%20producci%20de%20papas%20nativas\\_Figuroa%20Ramos\\_Wilder%20D.pdf](https://repositorio.utea.edu.pe/bitstream/utea/558/2/Diagn%20de%20producci%20de%20papas%20nativas_Figuroa%20Ramos_Wilder%20D.pdf)
- Fuentes, C., Perez-Rea, D., Bergenståhl, B., Carballo, S., Sjö, M., y Nilsson, L. J. I. J. o. B. M. (2019). Physicochemical and structural properties of starch from five Andean crops grown in Bolivia. *125*, 829-838.
- González, A., Alvis, A., y Arrázola, G. (2015). Effect of Edible Coating on the Properties of Sweet Potato Slices (Ipomoea Batatas Lam) Cooked by Deep-Fat Frying. Part 1: Texture. *SciELO*, vol.26. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642015000100011>
- Guacho, L. N., Atehortua, M. K., Curruchich, W. A., y Hernández, A. (2023). Consecuencias de la reducción de cultivos andinos: situación nutricional de tres comunidades Kichwa de Ecuador. *Innovare: Revista de ciencia y tecnología*, 12(1), 16-22. doi:10.5377/innovare.v12i1.15954
- Guerrero, E., y Yépez, A. (2018). *Elaboración de una Bebida Alcohólica Destilada a partir de Yuca (Manihot esculenta) y Zanahoria Blanca (Arracacia xanthorrhiza)*. (Tesis de Pregrado), Universidad San Francisco de Quito USFQ, Retrieved from <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/7471/1/138951.pdf>
- 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. Retrieved from <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/17807/1/27T00552.pdf>
- Hugo, M. (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 - Pastaza. Retrieved from <https://repositorio.uea.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/644/T.AGR>

OIN.B.UEA.0022?sequence=3&isAllowed=y

NTE INEN 2085: Galletas. Requisitos, (2005).

INEN. (2015). *Mezclas alimenticias. Requisitos*. Quito Retrieved from [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).

Jabeen, S., Khan, A. U., Ahmad, W., Ahmed, M.-u.-D., Ali, M. A., Rashid, S., . . . Sharifi-Rad, J. J. J. o. F. Q. (2022). Development of Gluten-Free Cupcakes Enriched with Almond, Flaxseed, and Chickpea Flours. 2022.

Jacobsen, S. E., Mujica, A., y Ortiz, R. (2003). La importancia de los cultivos andinos. *Fermentum. Revista Venezolana de Sociología y Antropología*.

Jaramillo, N. (2023). *Efecto de la sustitución parcial de la harina de trigo (Triticum durum) por la harina de avena (Avena sativa) y el afrecho de zanahoria (Daucus carota) en las características fisicoquímicas y bromatológicas de un bizcocho*.(Tesis de Pregrado),Universidad Agraria del Ecuador, Milagro.

Jiménez, M., Giménez, M., Farfán, N., y Sammán, N. (2019). Consumer acceptability of a sweet bread nutritionally enriched through linear programming with broad bean, chia and amaranth flours. *SciELO, vol.46 no.3*.

Jiménez, M. E., y Sammán, N. J. A. I. d. n. (2014). Caracterización química y cuantificación de fructooligosacáridos, compuestos fenólicos y actividad antirradical de tubérculos y raíces andinos cultivados en el noroeste de Argentina. *64(2)*, 131-138.

Lakshmikantha, C., Minto, M., Acuff, J., Phebus, R., Harshavardhan, T., Maureen, O., y Millikend, G. (2017). Validation of the baking process as a kill-step for controlling Salmonella in muffins. *ELSEVIER, 250*, Pages 1-6. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2017.03.007>

Leidi, E. O., Ech-Chliah, Y., Rossini-Oliva, S., y Sørensen, M. J. A. (2021). Variation in nutritional components in roots from ahipa (*Pachyrhizus ahipa* (wedd.) parodi) accessions and an interspecific hybrid (p. ahipa× p. tuberosus (lam.) spreng.). *12(1)*, 5.

Martínez, F., Rodríguez, E., y Hernández, M. (2015). Impact of carboxymethylcellulose and water addition on baking quality and physicochemical properties of gluten-free bread. *CIENCIAS*

AGROPECUARIAS, Cient. 18(12): 445-454.

Mejía, F., Salcedo, J., Vargas, S., Serna, J., y Torres, L. (2018). Capacidad Antioxidante y antimicrobiana de tubérculos andinos (*Tropaeolum tuberosum* y *Ullucus tuberosus*). *U.D.A.C Act. Cient*, 21(4), 449-456.

Morales Morales, M. G. (2021). *Análisis técnico de tubérculos andinos (papa china, camote, zanahoria blanca) para procesar productos funcionales con el fin de fomentar su consumo, en la provincia de Tungurahua*. (Tesis de Pregrado), Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos ...,

Moreno, J., y Andahua, V. (2020). Aceptabilidad y valor nutricional de galletas dulces saludables de harina de maíz morado (*Zea mays*), camote morado (*Ipomoea batata*) y algarrobo (*Prosopis pallida*).

Moreno López, J. M., y Andahua Castellano, V. D. (2020). Aceptabilidad y valor nutricional de galletas dulces saludables de harina de maíz morado (*Zea mays*), camote morado (*Ipomoea batata*) y algarrobo (*Prosopis pallida*).

Neri, M. (2016). *Aprovechamiento del camote (Ipomoea batatas) para el desarrollo de harinas funcionales y su aplicación en la elaboración de muffins reducidos en gluten*. (Tesis de Pregrado), Universidad Autónoma de Puebla, Puebla. Retrieved from <https://repositorioinstitucional.buap.mx/server/api/core/bitstreams/ae29371d-0a7a-48c1-b42f-8b36fe6bb7a4/content>

Nieto, E. (2019). *“Efecto del uso de fructanos tipo agavinas como sustituto parcial de grasa y azúcar en productos panificables a base de harinas libres de gluten*. Universidad de Guanajuato, México

Núñez, B. (2017). *“Efecto de aceites de soya (Glycine max), oliva (Olea europaea) y palma (Arecaceae) en la reología de la masa e índice de oxidación en cupcakes de zanahoria blanca (Arracacia xanthorrhiza) y trigo (Triticum aestivum)”*. (Tesis de Pregrado), Universidad Técnica de Ambato, Ambato. Retrieved from <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/26309/1/AL%20640.pdf>

Ocaña, I. (2019). *Caracterización fisicoquímica, nutricional y reológica de cultivos andinos infrautilizados*. Universidad Técnica de Ambato, Retrieved from <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/30002>

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).
- Otero, N., Rodríguez, E., y Tabares, J. (2020). Influence of different types of baking powder on quality properties of muffins. 87(214), 9-16.
- Paredes, J. (2021). *Obtención y caracterización de una biopelícula a partir de zanahoria blanca (Arracacia xanthorrhiza) y yuca amarilla (Manihot esculenta) para el embalaje de alimentos*". (Tesis de Pregrado), Escuela Superior Politecnica de Chimborazo, Riobamba. Retrieved from <https://core.ac.uk/download/539282713.pdf>
- Pérez, J. (2023). *Formulación y análisis de un producto tipo cupcake a base de harina de quinua tostada (Chenopodium quinoa will "Carl Otto") y harina de trigo (Triticum aestivum "Carlos Linneo")*. (Tesis de Pregrado), Universidad Técnica de Ambato, Ambato. Retrieved from <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/37911/1/CAL%20038.pdf>
- Portales, S. (2020). *Estudio de la calidad microbiológica de panes de distintos orígenes*.(Tesis de Pregrado), Universidad de Valladolid Valladolid Retrieved from <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/49306/TFM-L543.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Repo Carrasco, R., Cortez, G., Montes, R. O., y Villalpando, L. Q. (2007). Cultivos andinos. *De tales harinas, tales panes. Granos, harinas y productos de panificación en Iberoamérica. 1º ed. Córdoba: Hugo Báez Editor. pág, 243-294.*
- Rodríguez, J. (2020). *Elaboración de muffins con base de harina de banana morado (Musa acuminata AAA) y almidón de maíz (Zea Mays L)*".(Tesis de Pregrado),Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Retrieved from <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/f8246357-2040-4518-909a-89e95df9567d/content>
- Rodríguez, R., Alvarez, S., Ríos, Y., Rioja, P., y Talens, C. (2022). Effect of microwave technology and upcycled orange fibre on the quality of gluten-free muffins *ELSEVIER*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113148>
- Roncallo, P., Garbus, A., Echenique, V., Carrera, D., Cervigni, G., y Miranda, R. (2009). Analisis de las bases geneticas del color en trigo candeal. *Revista de la Facultad de Agronomía, 108 (1)*.

- Salazar, D., Arancibia, M., Ocaña, I., Rodríguez-Maecker, R., Bedón, M., López-Caballero, M. E., y Montero, M. P. (2021a). Characterization and technological potential of underutilized ancestral andean crop flours from Ecuador. *Agronomy*, *11*(9), 1693.
- Salazar, D., Arancibia, M., Ocaña, I., Rodríguez-Maecker, R., Bedón, M., López-Caballero, M. E., y Montero, M. P. J. A. (2021b). Characterization and technological potential of underutilized ancestral andean crop flours from Ecuador. *11*(9), 1693.
- Salazar, D., Arancibia, M., Silva, D. R., López-Caballero, M. E., y Montero, M. P. J. A. (2021). Exploring the potential of andean crops for the production of gluten-free muffins. *11*(8), 1642.
- Salinas, L. (2018). *Efecto de la sustitución de harina de trigo (Triticum aestivum) por cascarilla de cacao (Theobroma cacao L.) en polvo sobre las características fisicoquímicas y sensoriales en muffins*. (Tesis de Pregrado), Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú. Retrieved from [https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12759/8568/REP\\_LI\\_LA.SALINAS\\_EFECTO.DE.LA.SUSTITUCION.DE.HARINA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12759/8568/REP_LI_LA.SALINAS_EFECTO.DE.LA.SUSTITUCION.DE.HARINA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Silva Idrovo, 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. Retrieved from <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/29413/1/AL%20701.pdf>
- Silva, S., Crisóstomo, O., Alvarez, E., Mendoza, G., Rondán, L., y Rubio, J. (2015). Evaluación de propiedades tecno-funcionales que provee la harina de pajuro (*Erythrina edulis*) a las redes estructurales de Muffins. *Revista de Investigación Ciencia, Tecnología y Desarrollo* *1*(1).
- Techeira, N., Sívoli, L., Perdomo, B., Ramírez, A., y Sosa, F. (2014). Caracterización Físicoquímica, Funcional Y Nutricional De Harinas Crudas Obtenidas A Partir De Diferentes Variedades De Yuca (*Manihot Esculenta Crantz*), Batata (*Ipomoea Batatas Lam*) Y Ñame (*Dioscorea Alata*), Cultivadas En Venezuela. *Interciencia*.
- 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. Universidad Técnica de Ambato, Retrieved from <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/37922/1/CAL%20047.pdf>
- Tochihutl, D. (2016). *Encapsulación de  $\alpha$ -tocoferol mediante la técnica de extrusión y su incorporación a muffins* (Posgrado), Benemérita Universidad Autónoma de Puebla Puebla. Retrieved from <https://repositorioinstitucional.buap.mx/server/api/core/bitstreams/59d8637b-0370-44bc-82ce-84fc7960b61c/content>
- 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. Retrieved from [http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4024/1/56T00545%20UDC\\_TFC.pdf](http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4024/1/56T00545%20UDC_TFC.pdf)
- Vásquez, L., y Paredes, F. (2015). *Proyecto de factibilidad para la creación de una unidad de negocio que elabore y comercialice muffins hechos con harina de banano, dirigido a la lonchera de los niños de la ciudad de Guayaquil*. (Tesis de Pregrado), Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Retrieved from <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/3482/1/T-UCSG-PRE-ECO-ADM-158.pdf>
- Vasquez, P. (2018). *Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo (*Tríticum Aestivum*) por harina de cáscara de maracuyá (*Passiflora Edulis*) y harina de quinua (*Chenopodium quinoa w.*) en las características tecnológicas y sensoriales de cupcake"*. (Tesis de Pregrado), Universidad Nacional del Santa, Nuevo Chimbote.
- Vele, L. (2019). *Determinación del comportamiento termico de la zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*) y su almidon aplicando Calorimetria Diferencial de Barrido (DSC)*. (Tesis de Pregrado), Universidad de Azuay, Cuenca. Retrieved from <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/9496/1/15131.pdf>
- 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
- Yurivilca, R. (2023). Desarrollo de muffins libres de gluten fortificados con hierro a

base de kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) y tarwi (*Lupinus mutabilis*).

Zabala, O. (2019). *Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum*) por harina de tarwi (*Lupinus mutabilis sweet*) en las propiedades físicoquímicas y sensoriales de cupcakes*. (Tesis de Pregrado), Universidad Peruana Unión, Lima. Retrieved from file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Odely\_Tesis\_Licenciatura\_2019%20(1).pdf

Ziobro, R., Ivanišova, E., Bojanska, T., y Gumul, D. (2022). Retention of Antioxidants from Dried Carrot Pomace in Wheat Bread. *Applied Science*, 12(19). doi:<https://doi.org/10.3390/app12199735>

## Anexos

### ANEXO 1. Elaboración y obtención de harinas de cultivos andinos de camote morado (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) y zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft).

		
<p>Materia prima</p>	<p>Lavado</p>	<p>Pelado</p>
		
<p>Rebanado</p>	<p>Secado</p>	<p>Molienda</p>
		
<p>Envasado</p>		

**ANEXO 2.** Elaboración de los muffins a base de harina de trigo (control), camote morado (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) y zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft).



**ANEXO 3.** Análisis de los muffins a base de harina de trigo (control), camote morado (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) y zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft).

		
<p>Humedad</p>	<p>pH</p>	<p>Actividad de agua (aw)</p>
		
<p>Acidez</p>	<p>Cenizas</p>	<p>Colorimetría</p>
		
<p>Textura</p>	<p>Tamaño de alveolo</p>	<p>Análisis sensorial</p>



Proteína



Grasa



Fibra

**ANEXO 4. Resultados LACONAL de los muffins a base de harina de trigo (control).**



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

**01173**



**CERTIFICADO DE ANÁLISIS DE LABORATORIO**

<b>Certificado No: 23-211</b>		01-19-03				
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:	CLBDC	1850137773				
Representante:	Jessica Cruz, Verónica Alvarado, Marjorie Calonge, Sharon López y Gabriel Miguero	Tel: 0087590078				
Dirección:	Ambato	Email: jcrz7773@uta.edu.ec				
Ciudad:	Ambato					
<b>Descripción de las muestras:</b>						
Producto:	Muffin de trigo	Peso: 25g				
Marca comercial:	n/a	Tipo de envase: otros 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				
Cuerpo seguridad:	Ninguno X Inactivo	Muestra por el cliente: 23 de octubre de 2023				
<b>RESULTADOS OBTENIDOS</b>						
Muestras	Código del laboratorio	Código cliente	Ensayos solicitados/ Técnica	Métodos utilizados	Unidades	Resultados
Muffin de trigo	21423418	Control	Proteína, Calidad	AOAC 14.25.2021-2003.11	% (N x 6,25)	12,8
			Grasa crujiente	AOAC 14.25.2021-2003.08	%	9,65
			Prácticamente total, Carbohidrato, Lactosa y Glucosa	AOAC 991.20-14.25.2021	%	6,62

**ANEXO 5. Resultados LACONAL de los muffins a base de camote morado (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.).**



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

01176



**SERVICIO DE ACREDITACIÓN ECUATORIANO**  
 Acreditación N° 040 LEN 10209  
**LABORATORIO DE ENSAYOS**

**CERTIFICADO DE ANÁLISIS DE LABORATORIO**

Certificado No:23-216		Página				
Solicitud N°: 23-216		Fig. 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: 180443712				
Representante:	Margerie Cokina	TEL: 0007280033				
Dirección:	Ambato	Email: mgokina5712@ata.edu.ec				
Ciudad:	Ambato					
<b>Descripción de las muestras:</b>						
Producto:	Muffin de camote morado	Peso: 100g				
Marca comercial:	n/a	Tipo de envase: envase de aluminio				
Lote:	n/a	Nº de muestras: 001				
F. Exp.:	n/a	F. Exp.: 001				
Conservación:	Ambiente X Refrigeración Congelación	Almacenamiento en Lab: 30 días				
Cierre seguridad:	Ninguno X Intactos Intero	Muestra por el cliente: 23 de octubre de 2023				
<b>RESULTADOS OBTENIDOS</b>						
Muestras	Código del laboratorio	Código cliente	Ensayos solicitados/ Técnica	Métodos utilizados	Unidades	Resultados
Muffin de camote morado	21623423	Ninguno	Proteína, Calidad	AOAC 94.22.027-2003.11	% (No6.25)	7,4
			Grasa, Conservación	AOAC 94.22.027-2003.06	%	9,96
			*Fibra dietética total, Conservación/Conservación	AOAC 98.29.04.22.2023	%	7,33



**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 **XXXX**
- 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 palada, y continúe con la siguiente muestra.

Característica	Alternativa	Muestras					
		Muestra 1 <b>(07000)</b>	Muestra 2 <b>(18500)</b>	Muestra 3 <b>(04233)</b>	Muestra 4 <b>(180544)</b>	Muestra 5 <b>(04033)</b>	Control
APARIENCIA	1. Me disgusta mucho						
	2. Me disgusta						
	3. Ni me gusta ni me disgusta						
	4. Me gusta						
	5. Me gusta mucho						
COLOR	1. Me disgusta mucho						
	2. Me disgusta						
	3. Ni me gusta ni me disgusta						
	4. Me gusta						
	5. Me gusta mucho						
OLOR	1. Me disgusta mucho						
	2. Me disgusta						
	3. Ni me gusta ni me disgusta						
	4. Me gusta						
	5. Me gusta mucho						
TEXTURA	1. Me disgusta mucho						
	2. Me disgusta						
	3. Ni me gusta ni me disgusta						
	4. Me gusta						
	5. Me gusta mucho						
SABOR	1. Me disgusta mucho						
	2. Me disgusta						
	3. Ni me gusta ni me disgusta						
	4. Me gusta						
	5. Me gusta mucho						
ACEPTABILIDAD	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!**