



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



Desarrollo de muffins libres de gluten en base a harina de oca amarilla (*Oxalis
tuberosa* Molina) y papa china (*Colocasia esculenta* (L.) Schott)

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. Aprobado mediante la resolución Nro. UTA-CONIN-2022-0269-R.

Autor: Juan Gabriel Míguez Baño

Tutor: Ph. D Diego Manolo Salazar Garcés

Ambato – Ecuador

Febrero - 2024

APROBACIÓN DEL TUTOR

PhD. Diego Manolo Salazar Garcés

CERTIFICA:

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

Ambato, 08 de enero de 2024

.....

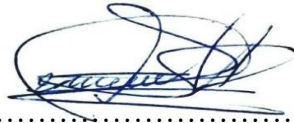
PhD. Diego Manolo Salazar Garcés

C.I. 1803124294

TUTOR

AUTORÍA DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Juan Gabriel Miguez Baño, manifiesto que los resultados obtenidos en el presente Informe Final del Trabajo de Titulación, opción Proyecto de Investigación, previo a la obtención del título de Ingeniero en Alimentos, son absolutamente originales, auténticos y personales, a excepción de las citas bibliográficas.



.....

Juan Gabriel Miguez Baño

C.I. 0202187332

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

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

Por constancia firman:

.....
Presidente del tribunal

.....
Dra. Mayra Liliana Paredes Escobar

0501873954

.....
Mg. Andrea Verónica Delgado Ramos

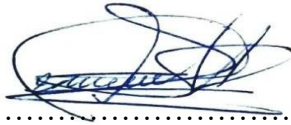
0401305008

Ambato, 05 de febrero de 2024

DERECHOS DE AUTOR

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

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de nuestro 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.



Juan Gabriel Miguez Baño

C.I. 0202187332

AUTOR

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación se lo dedico a Dios y a la Virgen Natividad del Huayco, quienes en su infinito amor me dieron la fortaleza para no rendirme y siempre estuvieron ahí. Sucedieron muchas cosas en mi vida, y sea cual sea la situación, siempre tuve a alguien ahí y se me abrió alguna puerta para seguir adelante gracias a ustedes.

A mis padres y mi hermana desde el cielo, que han sido mi fuente de fortaleza e inspiración para afrontar todos los desafíos que la vida ha puesto en mi camino. Agradezco infinitamente por no olvidarse de mí, siempre bendecirme y desear que las cosas salgan bien, incluso desde lo más alto.

A mi querida hermana María Isabel, quien ha sido mi pilar fundamental durante todo el proceso de culminar mi carrera. Agradezco su inigualable apoyo, sus valiosas enseñanzas y su ejemplar perseverancia, que han sido fuentes inagotables de inspiración a lo largo de este trayecto.

A mi mejor amiga Joselyn, quien con su amabilidad y gran corazón siempre estuvo apoyándome, porque en muchas ocasiones fue la persona que no me dejó caer y me motivó a seguir adelante.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero expresar mi gratitud hacia mis hermanos María Isabel y José Antonio, quienes siempre han estado presentes apoyándome incondicionalmente. Sus palabras de aliento y consejos valiosos fueron fundamentales para superar los momentos difíciles durante esta etapa.

Al grupo de investigación G+ Biofood and Engineering, por aceptarme como tesista e incluirme en su proyecto de investigación interinstitucional entre la Universidad Técnica de Ambato y la Universidad Politécnica de Valencia: “Valorización de tubérculos andinos para la obtención de ingredientes alimentarios y su viabilidad.

De manera especial a mi tutor PhD. Diego Salazar por sus consejos, apoyo, tiempo, conocimientos y paciencia que me brindó en este trabajo de investigación.

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.

A la empresa Agro Punto Verde, bajo la dirección del Sr. Paul Zumbana y la Sra. Kati Alvarez, expresando mi profundo agradecimiento por la confianza depositada en mí. Su apoyo inquebrantable ha sido clave para superar diversos obstáculos y alcanzar el éxito en este recorrido profesional.

Agradezco también a mis amigos cercanos Joselyn, Nixon, Alejandro, Marjorie, Erika, Michelle, Wendy y Jennifer, quienes me acompañaron en esta travesía académica con momentos agradables, distracciones necesarias y palabras de ánimo cuando más las necesitaba. Espero que sepan lo importantes que son para mí y cuánto valoro su amistad.

De manera especial a Lizbeth, quien desde un inicio de esta etapa estuvo brindándome su amistad, su apoyo incondicional y su afecto durante la odisea de convertirnos en profesionales.

A Juley, su presencia y apoyo fueron invaluable, y agradezco sinceramente su contribución a esta etapa de mi vida académica.

Por último, pero no menos importante, quiero agradecerme a mí mismo por nunca rendirme en cada momento de dificultad. Por perseverar incluso cuando las cosas parecían imposibles y por creer en mis habilidades y capacidades para superar cualquier obstáculo que se interpusiera en mi camino.

¡Gracias a todos por formar parte de este capítulo tan importante en mi vida!

Con todo mi cariño y gratitud.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	II
AUTORÍA DE TRABAJO DE TITULACIÓN.....	III
DERECHOS DE AUTOR	IV
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	V
DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTO	VII
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	XI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XIII
RESUMEN EJECUTIVO	XIV
ABSTRACT.....	XV
CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Antecedentes investigativos	1
1.1.1 Productos de pastelería.....	2
1.1.2 Muffins	3
1.1.3 Gluten	3
1.1.4 Cultivos andinos del Ecuador.....	4
1.1.5 Valor nutricional de los cultivos andinos	5
1.1.6 Uso de cultivos andinos en panificación y pastelería.....	6
1.1.7 Oca amarilla (<i>Oxalis tuberosa</i> Molina).....	7
1.1.8 Papa China (<i>Colocasia esculenta</i> (L.) Schott).....	12

1.2. Objetivos	16
1.2.1. Objetivo general.....	16
1.2.2. Objetivos específicos	16
CAPITULO II	17
METODOLOGÍA	17
2.1. Determinación de la mejor concentración de harinas de cultivos andinos para la elaboración de un producto de pastelería tipo muffins.	17
2.1.1. Obtención de las harinas de cultivos andinos	17
2.1.2. Elaboración del muffin	17
2.1.3. Determinación del mejor tratamiento	17
2.2. Determinación de las propiedades fisicoquímicas, nutricionales y de textura del muffin elaborado.	18
2.2.1. Propiedades fisicoquímicas.....	18
Actividad de agua	18
pH y acidez titulable	18
2.2.2. Composición proximal.....	18
Humedad.....	18
Proteína	19
Fibra dietética	19
Grasa	21
Cenizas.....	21
Carbohidratos.....	22
Contenido calórico.....	22
Textura.....	22
Color	22

Tamaño de alveolo.....	23
2.3. Evaluación de la calidad sensorial del muffin elaborado utilizando cultivos andinos infrautilizados.	23
2.3.1. Análisis sensorial	23
2.4. Diseño experimental y análisis estadístico.....	23
CAPITULO III.....	24
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	24
3.1. Análisis preliminares.....	24
3.1.1 Concentración óptima de harinas	24
3.2. Propiedades fisicoquímicas, nutricionales y textura del muffin elaborado.....	26
3.2.1. pH y Acidez.....	26
3.2.2. Actividad de agua (a_w).....	28
3.2.3. Composición proximal	29
3.2.4. Textura.....	35
3.2.5. Tamaño del alveolo	37
3.2.6. Evolución de pH, acidez y color durante el almacenamiento	39
3.3. Análisis sensorial	46
CAPÍTULO IV.....	48
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	48
4.1. Conclusiones	48
4.2. Recomendaciones.....	49
MATERIAL DE REFERENCIA	50
Referencias bibliográficas.....	50
Anexos	69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Contenido nutricional de la oca amarilla con relación a 100 g.....	11
Tabla 2. Contenido nutricional de la papa china con relación a 100 g.	15
Tabla 3. Capacidad de las mezclas de harinas de cultivos andinos para formar un producto esponjoso.	25
Tabla 4. pH y acidez de los muffins elaborados con harinas de trigo, papa china y oca amarilla.....	28
Tabla 5. Actividad de agua (Aw) de los muffins elaborados con harinas de trigo, papa china y oca amarilla.	29
Tabla 6. Análisis proximal de las muestras de muffin elaborados con harinas de trigo, papa china y oca amarilla.....	34
Tabla 7. Perfil de textura de los muffins elaborados con harinas de trigo, papa china y oca amarilla.	36
Tabla 8. Tamaño de alveolos de las diferentes muestras de muffins elaborados con harinas de trigo, papa china y oca amarilla.	37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Oca amarilla (<i>Oxalis tuberosa</i> Molina).....	8
Figura 2. Papa China (<i>Colocasia esculenta</i> (L.) Schott).....	12
Figura 3. Índice de aceptabilidad (IA) de las premezclas de harinas para los muffins	26
Figura 4. Imágenes del color de los muffins y de la estructura de la miga.....	38
Figura 5. Evolución de pH en los diferentes muffins durante 21 días de almacenamiento.....	40
Figura 6. Evolución de la acidez en los diferentes muffins durante 21 días de almacenamiento.....	41
Figura 7. Evolución del parámetro de luminosidad (L*) de los muffins durante 21 días de almacenamiento.....	43
Figura 8. Evolución del parámetro de color rojo (a*) de los muffins durante 21 días de almacenamiento.....	44
Figura 9. Evolución del parámetro de color amarillo (b*) de los muffins durante 21 días de almacenamiento.	46
Figura 10. Perfil sensorial de los muffins elaborados con harina de cultivos andinos	47

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Obtención y elaboración de harina de oca amarilla y papa china.	69
Anexo 2. Elaboración de los muffins de harina de oca amarilla, papa china y control (Trigo).	70
Anexo 3. Análisis de textura, colorimetría, actividad de agua y humedad de los muffins control (Trigo), oca amarilla y papa china respectivamente.	71
Anexo 4. Análisis de pH, acidez, proteína y grasa de los muffins control (Trigo), oca amarilla y papa china respectivamente.	72
Anexo 5. Análisis de fibra dietética total, cenizas y tamaño de alveolo de los muffins control (Trigo), oca amarilla y papa china respectivamente.	73
Anexo 6. Análisis sensorial de los muffins control (Trigo), oca amarilla y papa china respectivamente.	74
Anexo 7. Resultados LACONAL del muffin muestra (control trigo).	75
Anexo 8. Resultados LACONAL del muffin de oca amarilla.	76
Anexo 9. Resultados LACONAL del muffin de papa china.	77
Anexo 10. Hoja de catación para el análisis sensorial de los muffins (día 1).....	78
Anexo 11. Hoja de catación para el análisis sensorial de los muffins (día 2).....	79

RESUMEN EJECUTIVO

En la última década, las industrias han buscado activamente nuevas materias primas, especialmente bajas en gluten, ricas en nutrientes, fibras y antioxidantes. Los cultivos andinos han emergido como opciones excepcionales debido a su alto valor nutricional y funcional. La demanda de alternativas saludables y sostenibles está impulsando la exploración de recursos infrautilizados como la Oca Amarilla y la Papa China, ofreciendo oportunidades para la innovación en productos alimenticios.

Este proyecto de investigación se enfocó en desarrollar un producto de pastelería tipo muffins libres de gluten utilizando cultivos andinos infrautilizados. Se evaluó la composición proximal, atributos físico-químicos y sensoriales de los muffins elaborados con harinas de Oca Amarilla y Papa China.

La proporción óptima para la elaboración fue del 65 y 35 por ciento de fase líquida y sólida (harina) respectivamente, logrando buena homogeneización, horneado, dulzor, elevación y formación de alveolos. El muffin de oca amarilla fue ligeramente más ácido con un pH de (6,90) y una acidez de (0,048 por ciento), destacó por su bajo contenido de humedad, mayor contenido de fibra y carbohidratos. El muffin de papa china mostró valores superiores en proteínas y cenizas, con menor contenido de grasa y aporte energético. En la coloración, presentaron luminosidades superiores a 50 con tonalidades rojas y amarillas. En textura, el muffin de oca amarilla fue más firme, duro y adhesivo, mientras que el de papa china fue más cohesivo, resistente a la deformación y masticable. En la evaluación sensorial, el muffin de oca amarilla fue el más aceptado.

Palabras clave: Cultivos andinos, tubérculos andinos, productos de pastelería, alimentos libres de gluten, harinas no convencionales, muffins, oca amarilla, papa china.

ABSTRACT

In the last decade, industries have actively sought new raw materials, especially low in gluten, rich in nutrients, fiber and antioxidants. Andean crops have emerged as exceptional options due to their high nutritional and functional value. The demand for healthy and sustainable alternatives is driving the exploration of underutilized resources such as Yellow Goose and Chinese Potato, offering opportunities for innovation in food products.

This research project focused on developing a gluten-free muffin-type pastry product using underutilized Andean crops. The proximate composition, physicochemical and sensory attributes of muffins made with yellow goose and Chinese potato flours were evaluated.

The optimum proportion for the preparation was 65 and 35 percent of liquid and solid phase (flour) respectively, achieving good homogenization, baking, sweetness, elevation and honeycomb formation. The yellow goose muffin was slightly more acidic with a pH of (6.90) and an acidity of (0.048 percent), noted for its low moisture content, higher fiber and carbohydrate content. The Chinese potato muffin showed higher protein and ash values, with lower fat and energy content. In coloring, they presented luminosities higher than 50 with red and yellow shades. In texture, the yellow goose muffin was firmer, harder and more adhesive, while the Chinese potato muffin was more cohesive, resistant to deformation and chewy. In the sensory evaluation, the yellow goose muffin was the most acceptable.

Key words: Andean crops, Andean tubers, bakery products, gluten-free foods, non-conventional flours, muffins, yellow goose, Chinese potato.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes investigativos

La industria de la panificación y pastelería ha desarrollado una amplia gama de productos, principalmente en base a harina de trigo, sin embargo, debido al gluten que contiene los productos, muchas personas que sufren de intolerancia o alergenidad no los pueden consumir, generando un nicho de mercado insatisfecho en la búsqueda de productos sin gluten y libres de harinas tradicionales como la del trigo (De la Calle, Ros, Peñalver y Nieto, 2020). Los problemas de salud ocasionados por la celiacía y sensibilidad al gluten han generado el interés de la industria por el desarrollo de productos sin gluten utilizando materias primas no convencionales, en este grupo de interés están los tubérculos, raíces tuberosas, legumbres, frutas, entre otros (Makroo et al., 2021). En este sentido la búsqueda de nuevas fuentes de materias primas, ricas en componentes nutritivos, fibras, compuestos antioxidantes, almidones resistentes, sin gluten, ha sido durante los últimos años el objetivo de las industrias que producen alimentos (Cereda y Vilpoux, 2023).

Los cultivos andinos se encuentran en este grupo de alimentos con valor nutricional excepcional y pueden utilizarse en el desarrollo de productos pasteleros (Silva, 2019). La adición de harinas de tubérculos andinos para el desarrollo de productos de pastelería se ha convertido en una aplicación práctica, económica y sencilla, por consiguiente, el desarrollo de cupcakes, biscochos, muffins es una forma de promover el uso de materias primas alternas e incrementar la diversidad de productos alimenticios disponibles (Salazar et al., 2021).

En Ecuador el consumo de cultivos andinos se fundamenta en sistemas alimentarios andinos sostenibles, arraigados en prácticas tradicionales (Gallegos-Riofrío et al., 2021). En efecto, la revalorización de cultivos andinos a través de la utilización en el desarrollo de alimentos también contribuye al desarrollo social de las personas que de alguna manera han dejado de cultivarlos, principalmente por el bajo costo comercial y por el consumo local que estas representan (Prado, 2020).

Existen varios estudios relacionados con la elaboración de muffins sin gluten utilizando diferentes tipos de harina e ingredientes. Por ejemplo, Kurek, Moczowska-Wyrwisz, Wyrwisz y Karp (2021) desarrollaron muffins sin gluten con β -glucano y polvo de granada. Por otro lado, Belorio y Gómez (2020) realizaron una comparación de muffins con y sin gluten, poniendo énfasis en los ingredientes y diferencias nutricionales.

1.1.1 Productos de pastelería

Los productos de pastelería se basan en una mezcla de harina, azúcar, grasas, huevos, leche y otros ingredientes. Estos componentes son sometidos a procesos de cocción, fermentación y horneado para lograr una amplia variedad de productos, como panes, pasteles, galletas, bizcochos, entre otros (Prado, 2020). El mercado mundial de pasteles está en expansión, y podría generar una tasa compuesta anual del 3,33 % de crecimiento entre los años 2023 al 2028, y la demanda de alimentos convenientes y fáciles de comer como cupcakes, mini pasteles y otros productos similares, está en crecimiento, siendo así que para el año 2023 el volumen del mercado es USD 80,39 mil millones y se estima que la producción para el 2028 será de USD 94,70 mil millones (Mordor, 2022).

En Ecuador, a lo largo del tiempo, la pastelería ha evolucionado con influencias locales y regionales, creando una diversidad de sabores y técnicas únicas (Tituaña, 2019). Sin embargo, en Ecuador la pastelería vive una etapa vibrante y en constante evolución, convirtiéndose en una parte integral de la escena culinaria del país, caracterizándose por su innovación y creatividad. En este sentido, destacan ingredientes no convencionales en la pastelería ecuatoriana, como frutas tropicales (maracuyá, mango, babaco, guanábana, arazá, feijoa, entre otros) y el renombrado cacao ecuatoriano. Además, se incluyen cultivos andinos como camote, oca, achira, zanahoria blanca, taro, mashua, jícama, entre otros (Carrera, Jara, Dávila, Ballesteros, y Suasnavas, 2019).

1.1.2 Muffins

Un muffin es un producto horneado de tamaño pequeño elaborado a partir de una masa dulce con una textura similar a la del pan. Por lo general, se prepara utilizando ingredientes como harina, azúcar, huevos y mantequilla, además de saborizantes como vainilla o diversas frutas (Fizman, Sanz y Salvador, 2013). Los muffins son porciones individuales, en donde se utiliza bicarbonato de sodio o polvo de hornear en lugar de levadura, lo que les otorga una textura ligera y esponjosa (Öztürk y Mutlu, 2019).

Los muffins se hornean en moldes especiales que les confieren su característica forma redonda con una parte superior arqueada. Durante el proceso de horneado, el comportamiento de la masa está influenciado por factores como el tamaño de los gránulos de almidón, su temperatura de gelatinización y la cantidad de agua que pueden absorber (Salvador & Fizman, 2013). Los muffins ofrecen una amplia variedad de sabores y opciones, que incluyen la adición de chispas de chocolate, harina de plátano, salvado e incluso versiones saladas como pan de maíz o queso. Por lo general, se disfrutan como desayuno o merienda, ya sea solos o acompañados de complementos adicionales como mantequilla, mermelada o glaseado (Gao, Koh y Zhou, 2022).

1.1.3 Gluten

El gluten, es una compleja proteína presente en cereales como trigo, cebada, centeno y triticale (Pizzorno, Murray y Joiner-Bey, 2016). Actúa como aglutinante en alimentos, proporcionando elasticidad a la masa y sirviendo como prebiótico en el organismo (Fasano, 2014; Koehler et al., 2014; Polo et al., 2020). La intolerancia al gluten, que incluye enfermedades como la celiaquía, afecta la absorción de nutrientes, afectando a aproximadamente 2 de cada 256 habitantes en Ecuador en base al estudio de Bonilla Veloz, (2017), este escenario impulsa el desarrollo de nuevos alimentos ante el creciente interés en dietas sin gluten y productos alimenticios más saludables (De La Calle et al., 2020; Wieser, 2007). Se ha observado un incremento significativo en el número de personas que han optado por adoptar una dieta sin gluten, transformando este mercado de un pequeño nicho a una tendencia generalizada (Capriles et al., 2023).

Por lo tanto, la sustitución del gluten se convierte en un desafío crucial en la creación de nuevos productos (Poshadri et al., 2023). Por otro lado, un factor clave en la sustitución del gluten es el almidón, que es un polisacárido esencial en la dieta humana, este componente se encuentra típicamente en una variedad de fuentes alimenticias, como cereales, tubérculos y algunas frutas, donde actúa como un polisacárido de reserva energética (Apriyanto, Compart y Fettke, 2022), la concentración de almidón varía dependiendo del grado de madurez de la fuente alimentaria (Badui Dergal, 2013). Además, se ha encontrado numerosos usos en la industria debido a su capacidad para formar estructuras gelatinosas al ser sometido a calor, lo que permite retener grandes cantidades de agua. Entre los almidones más utilizados se encuentran los provenientes del maíz, el trigo, la papa y la mandioca (Chisenga, Workneh, Bultosa y Alimi, 2019).

1.1.4 Cultivos andinos del Ecuador

Los cultivos de raíces y tubérculos andinos han sido domesticados y cultivados en la región andina durante muchos años, principalmente para el consumo de las personas que en esta zona habitan. Sin embargo, en la actualidad, estas plantas se consideran subutilizadas o descuidadas, como se señala en el estudio de Luziatelli, Sørensen y Jacobsen (2020) que manifiesta que actualmente el desarrollo de nuevos productos abre la posibilidad de revalorizar los tubérculos, desarrollar dietas y cartera de productos más amplios, permitir la conservación de la agrobiodiversidad y que además se convierte en una nueva fuente de ingresos para pequeños productores. En Ecuador las tendencias de consumo se han centrado en producir y comercializar unas pocas especies vegetales como la papa, el arroz, la soja o el maíz, mientras tanto, han dejado en desuso los cultivos andinos, limitando su consumo interno (Parada Gómez, Cárdenas, Artavia Jiménez y Vindas, 2018).

Las raíces y tubérculos andinos (ARTCs) son un grupo diverso de especies de plantas que tienen importancia económica y nutricional para los agricultores de subsistencia en los Andes y otras regiones. Crecen a gran altura en condiciones extremadamente difíciles de sequía, temperaturas bajo cero y exposición a los rayos UV (Pérez-Balladares et al., 2019). Los cultivos andinos son reconocidos por su alto valor nutricional, ya que son buenas fuentes de proteína, fibra dietética y contienen un alto porcentaje de ácidos grasos, particularmente Omega 6 (ácido linoleico) (Repo-Carrasco, Vidaurre-Ruiz y Luna-Mercado, 2003).

De ahí que, los cultivos andinos se caracterizan por su alto contenido de almidón y azúcares, con una cantidad significativa de proteínas. Sin embargo, también son una buena fuente de minerales (Ca, Mg, K,P, entre otros), vitaminas (C, A, D), fibras dietéticas y antioxidantes, todos ellos compuestos alimentarios que se asocian con beneficios para la salud (Jacobsen, Mujica y Ortiz, 2003); Mayes et al., 2012; Padulosi et al., 2014). En la actualidad, existen muchas variedades de plantas que se consideran olvidadas y subutilizadas, en este grupo se encuentran los cultivos de raíces y tubérculos andinos, sin embargo, es importante considerar que estos cultivos se han dejado de consumir y han sido abandonados. La recuperación de los cultivos andinos supone la preservación de una herencia genética de varias generaciones que al día de hoy se encuentran en peligro de extinción (Leidi et al., 2018).

En los países de la región andina como Ecuador se producen varios cultivos de raíces y tubérculos que forman parte de la dieta tradicional de diferentes regiones. Entre estos se encuentran la mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruíz & Pav.), la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancr.), la ahípa (*Pachyrhizus ahípa* (Wedd.) Parodi) y el yacón (*Smallanthus sonchifolius* (Poepp.) H. Rob.) (Fernández-Ríos et al., 2022; Luziatelli et al., 2023). Además, existen otras especies de raíces y tubérculos andinos, como la papalisa (*Ullucus tuberosus* Caldas), la oca (*Oxalis tuberosa* Molina), la maca (*Lepidium meyenii* Walp.), la mauka (*Mirabilis expansa* (Ruíz & Pav.) Standl.), y achira (*Canna indica* L.) (Doperto, Mugridge, García y Viña, 2011; Leidi et al., 2018).

1.1.5 Valor nutricional de los cultivos andinos

El contenido de proteína de distintos cultivos andinos según Haros et al. (2022) es de 9,6 a 15,2 % para la quinoa, mientras que para el kiwicha y la kañiwa el valor es de 14,3 % a 15,4 %, y para el Tarwi un valor de proteína que ronda el 52 %. Los tubérculos andinos ofrecen un alto contenido de vitaminas, en niveles significativos la vitamina C, también presentan en su composición micronutrientes como hierro, zinc, potasio, calcio y fósforo, fibra y carbohidratos como el almidón y almidón resistente. Además, en los cultivos se encuentran compuestos bioactivos beneficiosos, tales como saponinas, compuestos fenólicos, y carotenoides, que se han asociado con diversos beneficios para la salud, incluidas actividades antioxidantes e inmunomoduladora (Sustancia que estimula o deprime el sistema inmunitario) (Chandrasekara y Josheph Kumar, 2016).

Este hecho los convierte en elementos de gran importancia para enriquecer la dieta y promover la seguridad alimentaria en las comunidades andinas (González-Orozco y Porcel, 2021). Los tubérculos, rizomas y leguminosas cultivados en la región andina también poseen un potencial relevante en la creación de productos alimentarios, inclusive con propiedades funcionales como la presencia de glucosinolatos, antioxidantes, fructooligosacáridos, además, de que estén constituidos por los nutrientes esenciales como es los carbohidratos, proteínas, fibra dietética, minerales (calcio, hierro, fósforo y zinc) y vitaminas (A, B1, B2, niacina) (Calliope, Lobo y Sammán, 2018; Choquechambi et al., 2019). Asimismo, en su estructura se encuentran propiedades medicinales como fitoquímicos y proteínas bioactivas, que brindan beneficios para la salud, como la protección contra enfermedades cardiovasculares y diabetes (Ogbole et al., 2023).

En ese contexto, se incluye la utilización en la medicina tradicional, incluyendo el alivio del dolor de garganta y problemas dermatológicos. Estas cualidades hacen que estos alimentos sean especialmente valiosos en el desarrollo de productos alimenticios que no solo aportan nutrición, sino que también contribuyen al bienestar general (Çakir, Uçarli, Tarhan, Pekmez y Turgut-Kara, 2019). Además de aportar con las necesidades nutricionales que implican la adquisición equilibrada de nutrientes esenciales para mantener la salud y el bienestar, de la misma forma, al consumir cultivos y tubérculos andinos se les atribuye el aporte de macronutrientes como carbohidratos, proteínas y grasas, y micronutrientes como vitaminas y minerales como se sugiere en las investigaciones de Flores, Walker, Guimarães, Bais y Vivanco (2003) y Mejía Lotero, Salcedo Gil, Vargas Londoño, Serna Jiménez y Torres Valenzuela (2018).

1.1.6 Uso de cultivos andinos en panificación y pastelería

Los cultivos andinos han experimentado un creciente interés en la industria alimentaria, especialmente en el ámbito de la panadería y la repostería. Diversos estudios han explorado sus aplicaciones en la creación de productos novedosos y saludables. Concerniente a la rama de panadería y pastelería, existe estudios que han analizado el uso de cultivos andinos como por ejemplo el uso de harinas de tarwi y kañiwa en la elaboración de muffins veganos sin gluten (Vidaurre-Ruiz et al., 2021),

y otro estudio se focalizó en el desarrollo de galletas sin azúcar formuladas con harina de quinua, isomalta y maltodextrina (Vidaurre-Ruiz et al., 2022).

Además, se ha investigado el uso de la harina de quinua, como sustituto de la manteca de cacao en la producción de chocolate y a la par se ha analizado el incremento del contenido proteico en relación al porcentaje de quinua que se le adiciona, obteniendo resultados favorables (Schumacher et al., 2010). De la misma forma otra investigación examinó la incorporación de granos andinos, como quinua, amaranto y chía, en la elaboración de recetas de pan sin gluten y a su vez, el estudio encontró que la adición de estos cultivos mejoraba la textura y la calidad nutricional de los productos al tiempo que reducía el contenido de azúcar (Repo-Carrasco, Vidaurre-Ruiz y Luna-Mercado, 2020; Vidaurre-Ruiz et al., 2021).

Referente a la utilización de raíces y tuberculos andinos Vera, Espino y Hernandez (2018) se enfocan en el empleo de *Oxalis tuberosa* en la fabricación de productos horneados sin gluten, los resultados mostraron que el pan elaborado con un 6% de harina de *O. tuberosa* pre gelatinizada no era significativamente diferente del control de harina de trigo, y ambos tenían niveles similares de aceptabilidad por parte del consumidor. Además existe estudios como el de Silva (2019) quien desarrolló también un producto de pastelería tipo muffin pero en este caso utilizando harina de camote (*Ipomea Batatas*), mashua (*Tropaeolum tuberosum*), oca (*Oxalis tuberosa*), y achira (*Canna indica*) en mezcla. Los resultados le permitieron establecer que los componentes de las formulaciones incidieron sobre las características fisicoquímicas sensoriales, nutricionales, reológicas y vida útil de los muffins, por consiguiente, la evaluación sensorial permitió decretar que la formulación que contenía harina de oca y sucralosa fue la que mayor aceptabilidad recibió por parte de los evaluadores.

1.1.7 Oca amarilla (*Oxalis tuberosa* Molina)

La oca amarilla (*Oxalis tuberosa* Molina) (Figura 1), es un cultivo originario de la región andina de América del Sur, en particular de Perú, Bolivia, Venezuela y Ecuador, no obstante, su distribución se expande tanto hacia el sur como hacia el norte a lo largo del eje de los Andes, llegando hasta el norte de Argentina (Flores et al., 2003). Este tubérculo pertenece a la familia Oxalidaceae, es una planta herbácea perenne que produce tubérculos de tallo subterráneos, conocidos por su naturaleza pequeña y de colores vivos.

En Ecuador, debido a sus preferencias climáticas por ambientes fríos, la Oca se cultiva a altitudes que oscilan entre 2800 y 4100 metros sobre el nivel del mar, siendo así que, se cultiva en las provincias de Imbabura, Tungurahua, Cotopaxi y Chimborazo. Además, se puede encontrar junto con otros cultivos andinos como la mashua y el melloco (Brito Grandes, Espín, Villacrés, Merino y Soto, 2003).



Figura 1. Oca amarilla (*Oxalis tuberosa* Molina)

Este tubérculo comestible presenta una amplia variedad de colores y tiene una forma elipsoidal y cilíndrica. Con aproximadamente 8,000 años de antigüedad, es una planta herbácea que presenta dimensiones variables, con longitudes que oscilan entre 5 y 15 cm y diversas formas y anchos, al ser cosechados, se exponen al sol para secarse, otorgándoles ese característico sabor dulce-amargo (Pissard, Rojas-Beltran, Faux, Paulet y Bertin, 2008).

Se cultiva en suelos arenosos utilizando técnicas y conocimientos ancestrales, la temporada de siembra de la Oca Amarilla abarca de septiembre a noviembre, mientras que la cosecha aproximadamente tiene lugar entre abril y junio, y a su vez, la tuberización de la oca se inicia a los 105 días aproximadamente después de la germinación y se concluye a los 200 días. Se ha reportado que posee una alta productividad, siendo así que, los tubérculos alcanzan de 32 hasta 60 toneladas en condiciones experimentales de producción (Santillán, Moreno, Martínez-Monzó y García-Segovia, 2016).

En la región andina, el empleo de tubérculos desempeña un papel crucial como fuente alimentaria e industrial. La región andina, alberga posiblemente la mayor diversidad de plantas tuberosas cultivadas a nivel global, las variedades locales o primitivas, cultivadas durante siglos por agricultores combinadas con microclimas diversos, han

contribuido posiblemente a la evolución y sostenimiento de cultivos esenciales que nutren a numerosas comunidades. Aunque la producción de oca en Ecuador no sobrepasa las 2 toneladas por hectárea, las fases experimentales logran generar entre 15 y 28 toneladas por hectárea (Brito Grandes et al., 2003).

El cultivo de la oca se ha diversificado, dando como resultado diversas variedades adaptadas a diferentes climas y condiciones de cultivo (Medve y Medve, 2010). De hecho, se han desarrollado muchas variedades de oca con tubérculos de diferentes colores, como morado oscuro, magenta, rojo, ámbar, amarillo, verde y marrón. En cuanto a las variedades existentes, se encuentra la "Fiebre del Oro" o "Gold Rush" se refiere a una cepa de oca amarilla (*Oxalis tuberosa*) que se desarrolla en Nueva Zelanda. Esta variante es reconocida por sus tubérculos de tonalidad amarilla intensa y es apropiada para su cultivo en regiones con climas más frescos (Bradshaw, 2010). Se debe agregar que también existen variedades andinas como la amarilla y rosa de Huancayo, en lo que respecta a las características, están adaptadas a regiones de gran altitud con temperaturas frescas.

A la par se encuentran las variedades adaptadas a los trópicos, que se han adaptado a climas tropicales, junto con la predisposición de tolerar temperaturas más cálidas y diferentes condiciones de suelo. Y a su vez, están las variedades de cosecha temprana y tardía, que se caracterizan por su tiempo de maduración, incluso existe las cepas de oca resistentes a enfermedades gracias a los fito mejoradores. También existen variedades de tamaños y colores, y finalmente cepas comerciales que se caracterizan por el rendimiento y sus sabores (Izquierdo, 2000; O'Hair & Maynard, 2003; Sangketkit et al., 2000).

La oca muestra un buen crecimiento y rendimiento cuando la cantidad de precipitación anual en la región andina varía entre 570 y 2150 mm, distribuyéndose uniformemente durante todas las etapas de crecimiento. Generalmente, requiere menos de 12 horas de exposición solar diaria. En la mayoría de los casos, una exposición prolongada al sol solo favorece el desarrollo de las hojas. Las áreas predilectas para el cultivo de oca en Ecuador son las regiones de Imbabura, Cotopaxi y Chimborazo, situadas a altitudes de 3000 metros sobre el nivel del mar.

La planta muestra independencia respecto al tipo de suelo y demuestra tolerancia a la acidez en un rango de pH entre 5,3 y 7,8. Además, la oca puede resistir bajas temperaturas y florece en climas moderadamente fríos, aunque las heladas pueden dañar las hojas. Temperaturas superiores a 28°C resultarán perjudiciales para el desarrollo de las plantas de oca (Gagnon-Légaré, 2008).

Existen diversas formas de consumir la oca amarilla. Según Lema (2022), se puede hornear, hervir o freír, además de utilizar la harina obtenida mediante la deshidratación y molienda de los tubérculos. La harina que se obtiene se usa en la elaboración de varios productos como panes, galletas, tortas y otros productos horneados (Campos et al., 2006). También se emplea como espesante en sopas y salsas (Jacobsen et al., 2013). Actualmente, se han realizado investigaciones para determinar procesos de deshidratación, obtención de harinas y almidón con fines industriales (Martínez Contreras, 2015; Mogrovejo, 2019; Ore Areche, Aguirre Huayhua y Ticsihua Huaman, 2020).

Los tubérculos de "oca" muestran una notable variabilidad y un elevado contenido en cuanto a su valor nutricional, así como se observa en la (Tabla 1), sin embargo, la mayoría de ellos presentan un elevado contenido nutricional, son ricos en carbohidratos, fibra dietética y minerales esenciales como el hierro, el calcio y el fósforo (Manrique, 2007). Por lo general, tienen un rango de humedad que va del 70 % al 85 % en estado fresco, un contenido de carbohidratos que varía entre el 11 % y el 22 %, siendo ricos en azúcares fácilmente asimilables. Además, contienen aproximadamente un 1,0% de grasa, fibra y cenizas, y los niveles de proteína pueden experimentar amplias fluctuaciones, llegando incluso a superar el 9% en ciertos tipos en base seca (Council, 1989; Elena, Ydilbrando y Elizabeth, 2011).

Tabla 1. Contenido nutricional de la oca amarilla con relación a 100 g.

Componentes	Cantidad
Humedad (%)	80,1
Carbohidratos (%)	14,1
Proteína (%)	1,1
Fibra (%)	0,8
Grasa (%)	0,6
Cenizas (%)	3,9
Calcio (mg)	22
Hierro (mg)	1,6
Fósforo (mg)	36
Vitamina A (µg)	1,26
Vitamina B1 (mg)	0,05
Vitamina C (mg)	38,40
Niacina (mg)	0,43

Fuente: (Elena et al., 2011; Council, 1989; Santillán et al., 2016).

Además, es importante mencionar a los oxalatos, que son compuestos químicos presentes en la variedad de tubérculo conocida como oca amarilla, formando sales de oxalato, sustancias naturales comunes en diversas plantas y alimentos. Es esencial tener precaución con su consumo excesivo, ya que puede contribuir a la formación de cálculos renales en personas susceptibles. Se recomienda moderar la ingesta de oca amarilla sin tratar y otros alimentos ricos en oxalatos, especialmente para aquellos propensos a problemas renales (Naudé y Naidoo, 2007).

En relación con la presencia de factores antinutricionales, como los oxalatos solubles en la oca amarilla, se ha observado que estos se degradan mediante la exposición solar de los tubérculos durante unos días. Los niveles de oxalatos en la oca, que oscilan entre 80 y 220 mg de oxalato soluble por cada 100 g de peso fresco, con concentraciones de hasta 500 µg kg⁻¹, son responsables del sabor amargo del tubérculo. Es importante destacar que el contenido de oxalato en los tubérculos de oca se mantiene estable al hervirlos o al vapor, pero aumenta al hornearlos debido a la pérdida de contenido de humedad de los tubérculos. La biodisponibilidad del oxalato en la oca horneada se asemeja a la de las espinacas, si bien puede variar entre individuos y depender de otros

componentes presentes en una comida combinada (Campos, Chirinos, Gálvez Ranilla y Pedreschi, 2018).

1.1.8 Papa China (*Colocasia esculenta* (L.) Schott)

La Papa China (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) (Figura 2), es una especie de planta perenne perteneciente a la familia de las Aráceas y es conocida por diversos nombres como taro, pituca, malanga u oreja de elefante (Legesse & Bekele, 2021). Es un cultivo antiguo, con una historia que se remonta a más de 9000 años. Originaria del sudeste asiático, y es uno de los cultivos alimentarios más antiguos del mundo que se ha extendido por Asia, el Pacífico, África y el Caribe. Se cree que se domesticó por primera vez en el sudeste asiático antes de su aparición.

Se encuentra en zonas tropicales húmedas y se cultiva extensamente en diversas partes del mundo debido a sus tubérculos comestibles, siendo especialmente cultivada en África Occidental (Púa et al., 2019). Los tubérculos de la papa china tienen una forma alargada, una piel gruesa y rugosa de color marrón oscuro. La pulpa es de color blanco o crema, con una textura similar a la papa común. Sin embargo, los tubérculos de la papa china presentan concentraciones elevadas de almidón y son más húmedos (Flores et al., 2003).



Figura 2. Papa China (*Colocasia esculenta* (L.) Schott)

La papa china (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) se encuentra ampliamente distribuida a lo largo del Ecuador y prospera principalmente en regiones con condiciones climáticas favorables, como es en los lugares con condiciones tropicales y húmedas (Naithani y Koch, 2014). Siendo así que, se ha establecido una sólida presencia remontándose a la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, la Provincia de

Pastaza, la isla de Santa Cruz en las Galápagos y se considera que se originó los cultivos en la provincia de El Oro, donde es conocida localmente como "sango". Se debe agregar que las diversas ubicaciones geográficas dentro de la región Ecuatorial donde la papa china no solo se cultiva con éxito, sino que también se valora significativamente ha permitido el cultivo de este tubérculo para uso personal y comercial, y su periodo de producción desde la siembra hasta la cosecha tarda unos 10 meses aproximadamente (Patel y Singh, 2023).

La papa china está compuesta por al menos 100 géneros y más de 1500 especies y Según Patel y Singh (2023) las dos variedades taxonómicas más cultivadas incluyen *Colocasia esculenta* var *esculenta* y *Colocasia esculenta* var *antiquorum*. En este contexto, existe dos principales genotipos de *C. esculenta*, se clasifican en silvestres y cultivadas. Como caso típico, la variedad silvestre no se utiliza como alimento debido a una concentración extremadamente alta de cristales de oxalato de calcio en los cornos.

Sin embargo, las variedades cultivadas se clasifican en papa china clásica, siendo esta la variante más común y extensamente cultivada, se destaca por su sabor característico y su capacidad para adaptarse a diferentes condiciones climáticas, por otro lado, se encuentra la variedad de color morado, amarilla y papa chinas con fibras rojas, las tres variedades se caracterizan por presentar colores llamativos en su pulpa y texturas agradables. Por otra parte se encuentra la variedad de papa china gigante que se ven diferenciadas por tamaños más grandes y por su empleo en las industrias y finalmente la papa china criolla, que son adaptaciones de variedades a condiciones específicas de suelo y clima (Bambang, Roni, Oviaki y Listya, 2021; Kreike, Van Eck y Lebot, 2004).

Las propiedades funcionales y diferentes componentes de estos rizomas en la actualidad están siendo utilizados por la industria alimentaria debido a su capacidad para comportarse como espesante y gelificante, lo que ha permitido su incorporación en alimentos horneados, pastas alimenticias y bebidas (Calle et al., 2021). Otras formas de consumo son cocidas, horneadas, al vapor o fritas, mismas que han sido objeto de numerosos estudios debido a su importancia como alimento y su valor nutricional destacado.

De manera similar se han realizado ensayos sobre el efecto de la adición de harina de papa china (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) en conjunto con la harina de trigo para analizar las propiedades reológicas y alveográficas en diferentes clases de masas, así como también, la extracción de almidón nativo de la harina de papa china (Demiate, Bet, Ito y Lacerda, 2023; Njintang, Mbofung, Balaam, Kitissou y Scher, 2008). Esto sugiere que los tubérculos de papa china podrían ser una opción válida para mejorar productos alimenticios tanto en términos nutricionales como tecnológicos.

El taro, también conocido como malanga o papa china *Colocasia esculenta* (L.) Schott, se destaca por ser un tubérculo sumamente nutritivo que aporta diversos beneficios para la salud (Maga, 1992). Su versatilidad no solo radica en su delicioso sabor, sino también en sus propiedades positivas para el organismo. Este tubérculo exhibe una serie de beneficios convirtiéndose en una fuente valiosa de compuestos bioactivos que ofrecen diversos beneficios para la salud (Noonan, 1999).

En lo que respecta a los beneficios, están los compuestos que exhiben actividades antitumorales, antimutagénicas, inmunomoduladoras, antiinflamatorias, antioxidantes, antihiper glucémicas y antihiperlipidémicas. De hecho, las moléculas bioactivas identificadas en la papa china incluyen el tarin, polisacárido de taro-4-I, polisacáridos de taro 1 y 2 (TPS-1 y TPS-2), inhibidores de alfa-amilasa A-1/B-2, monogalactosildiacilgliceroles (MGDGs), digalactosildiacilgliceroles (DGDGs), polifenoles y antioxidantes no fenólicos. Además, este tubérculo es rico en vitaminas A, B1, B2, C, calcio, fósforo, hierro y potasio (Pereira, Mattos, Corrêa, Vericimo y Paschoalin, 2021).

En términos de salud cardiovascular, la papa china influye positivamente en las contracciones del corazón, la coagulación sanguínea y la reducción de la presión arterial. Asimismo, su actividad citotóxica y promotora de tumores sugiere un potencial para ser utilizada en tratamientos contra el cáncer. Mientras que, en el ámbito digestivo, la papa china aborda problemas que van desde la hinchazón hasta el malestar abdominal y se utiliza tradicionalmente en el tratamiento de la disentería mediante la preparación de una solución a base de hojas hervidas (Prajapati, Kalariya, Umbarkar, Parmar y Sheth, 2011). Los beneficios respiratorios también se suman a sus cualidades, y su contenido destacado de vitamina C refuerza el sistema inmunológico, potenciando la capacidad del cuerpo para combatir infecciones y enfermedades.

Además, la presencia de vitamina B6 contribuye positivamente a la función cerebral, mejorando la cognición, el desarrollo del cerebro y el bienestar mental en general. En cuanto a su contenido de fibra beneficia la salud cardiovascular al reducir el riesgo de enfermedades cardíacas y mejorar la digestión para prevenir problemas estomacales (Akwee, Netondo y Palapala, 2015).

La composición nutricional de una muestra de 100 gramos de papa china (*Colocasia esculenta* (L.) Schott), en base húmeda se observa en la (Tabla 2), por consiguiente la papa china es abundante en carbohidratos, proteínas, fibra dietética, vitaminas, minerales y, especialmente almidón (Legesse & Bekele, 2021). Además, Zhang et al. (2023) resaltan su contenido de compuestos bioactivos, antioxidantes y fitoquímicos, los cuales se han asociado con propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y potencialmente anticancerígenas.

Tabla 2. Contenido nutricional de la papa china con relación a 100 g.

Componentes	Cantidad
Humedad	69,9
Proteína	3,4
Grasa	1,25
Fibra	1,68
Ceniza	1,75
Carbohidratos	24,77
Almidón	24,5
Potasio (Mg)	514
Sodio (Mg)	9,25
Calcio (Mg)	32,0
Fosforo (Mg)	64,0
Hierro (Mg)	0,8
Sodio (Mg)	7,0
Vitamina A (µg)	5,0
Vitamina B1 (Mg)	0,08
Vitamina B (Mg)	0,04
Niacina (Mg)	0,7
Vitamina C (Mg)	7,0

Fuente: (Legesse & Bekele, 2021; Madrigal-Ambriz et al., 2018; Romero et al., 2019; Castro Hinojosa, 2022).

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

- Desarrollar un producto de pastelería tipo muffin utilizando cultivos andinos infrautilizados como la Oca Amarilla (*Oxalis tuberosa* Molina) y Papa China (*Colocasia esculenta* (L.) Schott).

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 físico-químicas, nutricionales y de textura del muffin elaborado.
- Evaluar la calidad sensorial del muffin elaborado utilizando cultivos andinos infrautilizados.

CAPITULO II

METODOLOGÍA

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

2.1.1. Obtención de las harinas de cultivos andinos

Para la obtención de las harinas, se siguió el procedimiento detallado en el estudio de (Salazar et al., 2021). En primer lugar, se procedió a la limpieza de los cultivos andinos, eliminando todas las impurezas presentes en la superficie mediante un proceso de lavado y cepillado con agua. Luego, se realizó cortes de aproximadamente ~3 mm de espesor en los cultivos limpios, que fueron dispuestos en bandejas y sometidos a un proceso de secado a 60 °C durante un período de 8 horas en un horno secador convectivo (Gander MTN, Saint Paul, MN, EE. UU). Posteriormente, las rodajas secas se trituraron en un molino para granos (Inox IE1, Riobamba, Ecuador), hasta obtener un polvo fino. Finalmente, todas las muestras se envasaron de manera hermética y se almacenaron a temperatura ambiente, siguiendo las pautas establecidas por la norma INEN 3084 (2015), hasta su respectivo uso.

2.1.2. Elaboración del muffin

Para la elaboración de los muffins se tomó como referencia el método descrito por Silva (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. La masa obtenida del proceso de mezcla se dividió en porciones de 15 g y se colocó en moldes para muffins. El horneado se realizó en un horno (Zucchelli Mini Fanton, Medley, FL, USA) a 200 °C durante 11 min. Finalmente, los muffins se enfriaron a temperatura ambiente durante una hora, se envasarán en bolsas termoselladas y se almacenarán hasta su posterior análisis.

2.1.3. Determinación del mejor tratamiento

Con la finalidad de establecer el mejor porcentaje de uso de harinas de cultivos andinos en el desarrollo de los muffins se ensayó dos valores por cada harina (35 % y 45 %), estas mediciones se tomaron de referencia en base al estudio de Silva (2019).

Para establecer la mejor formulación se desarrolló una evaluación sensorial cualitativa y de aceptabilidad para evaluar el índice de aceptabilidad (IA), la escala de valoración fue: 5 me gusta y 1 no me gusta, valores superiores al 70% de IA indican que los jueces aceptan el producto (Dutcosky, 2011). En base a los resultados del IA se utilizaron los que cumplen con el requerimiento de un IA superior al 70 % para su posterior análisis.

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

2.2.1. Propiedades fisicoquímicas

Actividad de agua

La a_w (Actividad de agua) se determinó según la normativa ISO 18787 (ISO, 2017). Por medio de un medidor de actividad acuosa (Aqualab serie 3te, Decagon devices inc., Pullman, EE. UU), mediante el método de punto de rocío. Las mediciones se realizaron por triplicado.

pH y acidez titulable

La determinación del pH en los muffins se realizó con un medidor digital (HANHA HI 9126, RI, EE. UU.) en base a la metodología descrita en la AOAC 981.12 (AOAC, 2005). Mientras que la acidez se determinó por titulación con NaOH 0.1N, empleando fenoltaleína como indicador según la normativa AOAC 942.15 (AOAC, 2005). Además, se consideró que los análisis mencionados se realizaron por triplicado.

2.2.2. Composición proximal

Humedad

El porcentaje de humedad de los muffins se determinó mediante la metodología descrita en la AOAC 925.10 (AOAC, 2005). El proceso, consiste en un secado en dos etapas y diferencia de peso. Las muestras de muffins se desintegraron, pesaron y se colocaron en una cápsula de porcelana, luego las muestras fueron llevadas a una estufa a $105^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ por 24 horas. Posteriormente, la cápsula fue enfriada en un desecador por 40 minutos y se determinó su peso. Las mediciones se realizaron por triplicado y la humedad se calculó en base a la ecuación 1.

$$\% \text{ Humedad total} = Ha - Hbx \left(\frac{100 - Ha}{100} \right) \quad \text{Ecuación (1)}$$

Proteína

El contenido de proteína se determinó según el método 955.39 AOAC 2005 (AOAC, 2005). Para su desarrollo se pesó 2,2 g de la muestra y se transfirió a un matraz Kjeldahl, se adicionó 15 g de mezcla catalizadora de sulfato de cobre con sulfato de potasio y 25ml de ácido sulfúrico concentrado. Además, se procedió a agitar el matraz hasta homogeneizar la muestra, seguido se calentó evitando la formación de espuma hasta que la muestra presento un color azul pálido y se dejó enfriar. Para el proceso de titulación se añadió 10ml de hidróxido de sodio al 2% con 3 gotas de indicador rojo de metileno hasta obtener un color azul ligero. Finalmente se calculó el contenido de nitrógeno y el porcentaje de proteína de las muestras de muffin con la ecuación 2. El análisis correspondiente a proteína se desarrolló en el Laboratorio de Análisis y Control de Alimentos (LACONAL), la evaluación se realizó por triplicado.

$$\% W_N = \frac{(V_s - V_b)(M_r) * 1,401}{m * 10} \quad \text{Ecuación (2)}$$

$$W_P = \% W_N * \text{factor de la proteína (6,25)} \quad \text{Ecuación (3)}$$

Donde:

W_N: nitrógeno en porcentaje en masa

V_s: volumen de la titulación

V_b: volumen del blanco

M_r: normalidad del ácido clorhídrico

m: 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 al procedimiento descrito en la norma AOAC 985.29 (AOAC, 1997). Para ello, se pesó por triplicado 1 gramo de la muestra de los muffins en vasos de precipitación de 500 ml, se adicionó 50 ml de buffer tampón fosfato con un pH de 6.

Después se agregó 0,5 ml de □- amilasa (esto debe ser tapado con papel aluminio), posteriormente se sometió a baño de agua a una temperatura de 85 °C durante 30

minutos, al paso de 5 minutos se agito, después se enfrió a temperatura ambiente. Para obtener un pH de 7,5 se adicionó 10 ml de NaOH (0,275 N) y 0,1 ml de proteína en condiciones de 60 °C por 30 minutos (agitación constante). Además, se ajustó el pH a 4,5 con HCl (0,325 N), también se agregó 0,2 ml de proteasa y se incubo (60 °C por 30 minutos), en esta etapa se agito de forma constante.

Posteriormente, se calentó a 60°C para agregar 280 ml de etanol al 95 % al finalizar la incubación y se precipitó por 1 hora, seguido se realizó la filtración donde el crisol que contiene fue pesado y humedecido por etanol al 78 %, seguido se transfirió el precipitado al crisol aplicando y manteniendo succión, cabe mencionar que el residuo fue lavado con 20 ml de etanol al 78%, seguido de 10 ml de etanol al 95% y finalmente 10 ml de acetona de forma continua.

Finalmente, el residuo del filtrado se secó durante la noche a una temperatura de 70 °C, se enfrió en un desecador y se anotó su peso, se analizó las proteínas de uno de los residuos con un factor de conversión de 6.25, la segunda muestra se calcinó a una temperatura de 550°C en un intervalo de 5 horas, seguido se pesó, además se realizó la misma metodología para la muestra “blanco”. Se determinó el blanco mediante la ecuación 4.

$$\text{Blanco} = mr - Pb - Cb \quad \text{Ecuación (4)}$$

Donde:

mr: Promedio de masa del residuo para la determinación blanco (mg).

Pb y Cb: Masa de proteína y cenizas (mg en los residuos de blancos).

El contenido total de fibra dietética se obtendrá mediante la ecuación 5.

$$\%FDT = \frac{mrp - P - C}{mp} * 100 \quad \text{Ecuación (5)}$$

Donde:

mp: Masa de la muestra promedio de las 2 muestras (mg).

mrp: Masa del residuo promedio de las muestras determinadas por duplicado.

P y C: Masa de proteína y cenizas en los residuos de las muestras.

Grasa

El contenido de grasa se determinó según el método Soxhlet, basado en la normativa AOAC 920.85 (AOAC, 2005). Inicialmente se pesó 1 g de muestra en papel filtro y se colocó dentro de un cartucho de celulosa en forma de dedal que se depositó en la cámara del extractor. En un balón de ebullición se calentó 50 ml de éter de petróleo, en donde el vapor se condensó y cayó gota a gota sobre un cartucho que contenía 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 lo contuvo fue pesada. El análisis correspondiente a grasa se desarrolló en el Laboratorio de Análisis y Control de Alimentos (LACONAL), y la evaluación se realizó por triplicado. Para obtener este cálculo se utilizó la siguiente ecuación:

$$(\%)grasa\ bruta = \frac{p_2 - p_i}{p_1} \times 100 \quad \text{Ecuación (6)}$$

Donde:

P_i: peso del balón de ebullición

P₁: peso de la muestra

P₂: peso del balón con grasa

Cenizas

Se realizó por el método de incineración por mufla, para ello se pesó 2 g de la muestra de muffin y se colocó en un crisol, el mismo que previamente se secó en la estufa a 110 °C por 1 hora para tararlo. Posteriormente se colocó en una mufla a 550°C en un intervalo de tiempo de 4 horas y finalmente se colocó en un desecador hasta obtener un peso constante, según la metodología AOAC 923.03 (AOAC, 2005). Esta determinación se llevó a cabo por triplicado. Se calculó el contenido de cenizas mediante la ecuación 7.

$$\%Cenizas = \frac{P_1 - P_0}{P} \times 100 \quad \text{Ecuación (7)}$$

Donde:

P₁: peso de la muestra después de la incineración

P₀: peso de la muestra inicial

P: peso de la muestra inicial

Carbohidratos

El contenido total de carbohidratos se calculó por diferencia entre los componentes principales restando del 100 % del alimento la cantidad de grasa, ceniza, humedad, proteína y fibra de acuerdo a lo establecido en la normativa AOAC 101.92 (2005).

Ecuación (8)

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

Contenido calórico

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

Ecuación (9)

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

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 10 mm/s.

Color

Se evaluaron los parámetros de color L* (luminosidad), a*(rojo/verde) y b* (amarillo/azul), Índice de amarillez (IA) y brillo (B), mediante el uso de un colorímetro (LOVIBOND, LC100, EE. UU), con un iluminador D65 (luz natural) y con un observador estándar D10. Los resultados fueron directamente procesados con el programa SpectrMagic NX (KONICA MINOLTA, Japón, 2011), se utilizó como referencia el método descrito por Salazar et al. (2021).

Tamaño de alveolo

Para la evaluación del tamaño de alveolo se usó 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 preparó rebanadas y se evaluó en un campo cuadrado de 3x3 cm de cada uno de los cortes, buscando capturar la mayor área de miga de una rebanada de los muffins. Una vez obtenidas las imágenes, se analizó el número y tamaño de alveolos.

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

2.3.1. Análisis sensorial

El estudio sensorial del muffin se desarrolló con la participación de 17 estudiantes (jueces entrenados) pertenecientes a la Universidad Técnica de Ambato. Los atributos evaluados fueron el color, olor, sabor, textura y aceptabilidad del producto. Se siguió la metodología descrita por Salazar et al., (2021). Para ello, al iniciar la prueba se solicitó a los catadores que seleccionen el muffin más agradable y el menos agradable cuyos resultados se expresan en % de preferencia, seguido se empleó una escala hedónica de cinco puntos: 1= me disgusta mucho, 2= me disgusta, 3= ni me gusta ni me disgusta, 4= me gusta ligeramente, 5= me gusta mucho. Se entregó tres muestras (muffin control, papa china y oca amarilla) a con su respectiva codificación y a la par un vaso de agua para que se realicen la limpieza del paladar entre cada muestra.

2.4. Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un diseño experimental de un factor completamente aleatorizado, asegurando la equidad en la asignación de tratamientos. Para el análisis mencionado, a partir de los datos que se obtuvo se utilizó el programa informático EXCEL® (Microsoft Office, EE. UU.) y el programa estadístico Infostat 2020 (Infostat, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, España). Se analizó las diferencias significativas mediante ANNOVA además de comparar las medias a través de la prueba de comparación Tukey.

CAPITULO III.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis preliminares

3.1.1 Concentración óptima de harinas

A partir de las investigaciones previas que tuvieron como idea central analizar la capacidad de las harinas derivadas de cultivos andinos ya que muestran comportamientos diferentes, se desarrollaron distintos estudios previos con el fin de evaluar de manera cualitativa la posibilidad para formar masas esponjosas y seleccionar las formulaciones más adecuadas (Tabla 3). El estudio se centró en el desarrollo de formulaciones con una fase líquida que contiene aceite, huevos, leche, yogur, también se utilizó levadura química, la proporción de azúcar en todos los muffins fue constante. La única variación entre las formulaciones fue el tipo de harina de cultivos andinos utilizado y la harina de trigo como control. Todas las formulaciones fueron diseñadas para cumplir con fórmulas saludables con bajos niveles de grasa, especialmente grasas saturadas, bajos niveles de azúcares y alto contenido de fibra en comparación con los muffins industriales.

Basándose en estos criterios, se establecieron parámetros para la evaluación visual, incluida la capacidad de homogeneización, el comportamiento durante el horneado ya que este parámetro influye en la apariencia, aroma, sabor y textura característica, la capacidad de elevación y la formación de alveolos. Las diversas masas fueron clasificadas arbitrariamente como: (-) sin capacidad, (+) con buena capacidad y (++) con capacidad moderada.

Tabla 3. Capacidad de las mezclas de harinas de cultivos andinos para formar un producto esponjoso.

Formulaciones	Capacidad de Homogeneizar	Horneado	Capacidad de Elevación	Capacidad de Formación de Alveolos
55 % Fase Líquida - 45 % Harina Oca amarilla	++	+	+	+
65 % Fase Líquida - 35 % Harina Oca amarilla	++	++	++	++
55 % Fase Líquida - 45 % Harina Papa China	++	+	+	+
65 % Fase Líquida - 35 % Harina Papa China	++	++	++	++

En base a los resultados se observó que la formulación con un 65 % de fase líquida y un 35 % de la fase sólida (harina) es la que muestra los mejores resultados según la escala desarrollada. Para confirmar la formulación óptima, se llevó a cabo una evaluación sensorial de aceptabilidad con el propósito de medir el índice de aceptación (IA). La escala de valoración utilizada consideró 5 como "me gusta" y 1 como "no me gusta", y valores superiores al 70 % de IA indican que los jueces aceptan el producto, según Dutcosky (2011).

En la Figura 3 se presentan los resultados del IA para los muffins elaborados con harinas de cultivos andinos. Estos resultados indican que la combinación de harina en un 65 % con un 35 % de la fase líquida muestra un índice de aceptabilidad superior al 70 %. Por lo tanto, este porcentaje se considera óptimo en términos de aceptación por parte de los consumidores, sugiriendo que la incorporación de harina de cultivos andinos puede tener un impacto positivo en los atributos sensoriales de este tipo de productos.

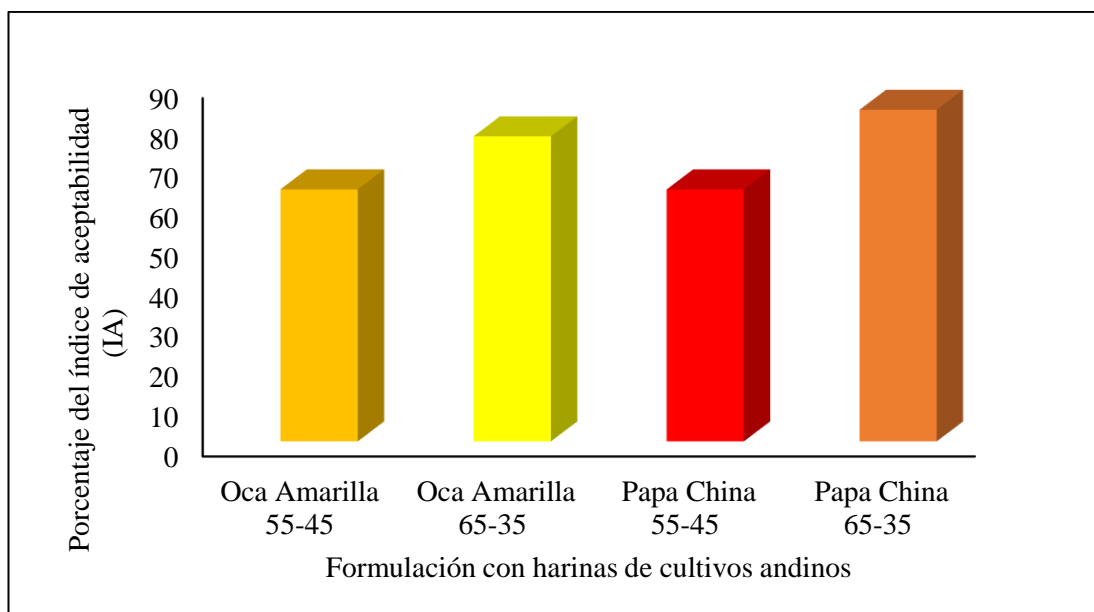


Figura 3. Índice de aceptabilidad (IA) de las premezclas de harinas para los muffins

3.2. Propiedades fisicoquímicas, nutricionales y textura del muffin elaborado

3.2.1. pH y Acidez

Los resultados de la evaluación de pH y acidez se muestran en la Tabla 4 y no se observaron diferencias significativas ($p > 0,05$). Las tres muestras presentaron valores de pH cercanos a 7,0, siendo el muffin de control el que mostró un pH ligeramente superior, con un valor de 7,07. A continuación, el muffin de papa china registró un valor cercano con un pH de 6,94, seguido por el muffin de oca amarilla con un valor de 6,90. Estos resultados se sitúan dentro de los rangos normales, ya que según Khalifa, Barakat, El-Mansy y Soliman (2015) los muffins se catalogan como alimentos alcalinos con valores de pH de 7 o superiores. Valores inferiores a 7 pueden atribuirse a la formulación y la presencia de azúcares en las materias primas, así como al tipo de harina utilizada (Acosta, Cavender y Kerr, 2011). La actividad de los leudantes, la temperatura de la masa y la presencia de aditivos como la sal y el azúcar también pueden influir en el pH de la masa (Sánchez Aceves, 2014). Estudios similares, como el de Marak, Kaushik, Dikiy, Shumilina y Falch (2022), sobre muffins enriquecidos nutricionalmente con extracto de cáliz de roselle, reportaron un pH ligeramente ácido (5,26), atribuyendo este resultado a las características propias de la materia prima y sus ingredientes.

En referencia a los valores de acidez (Tabla 4) no se observan diferencias significativas ($p \geq 0,05$). Se evidenciaron valores iguales entre las muestras de muffins de oca amarilla y papa china, registrando un contenido de ácido láctico del 0,048 %. En contraste, el control exhibió valores menores con un contenido de 0,033 % pero la harina de trigo, en su estado nativo, no posee naturaleza ácida, dado que se trata de un producto derivado del trigo y su pH natural es alcalino. No obstante, cabe destacar que la harina puede ser enriquecida con diversos componentes, entre ellos, ácido fólico y ascórbico (Sahin, Zannini, Coffey y Arendt, 2019). Por consiguiente, la variación en la muestra control de muffin podría asociarse a la presencia de ácidos o bases en la composición de la harina de trigo, derivados principalmente de los elementos adicionados durante el proceso de enriquecimiento. La incorporación de estos aditivos puede ser necesaria para abordar deficiencias nutricionales en determinadas regiones (Sánchez González, 2016; Samaniego Vaesken, 2012; Tablante et al., 2019).

Al comparar los resultados de los muffins de papa china y oca amarilla, en relación con el control (trigo) se observan niveles de acidez superiores. Esta similitud podría atribuirse a la adición de yogur a las respectivas formulaciones, ya que el yogur natural típicamente tiene un pH entre 4,4 y 4,8, lo que lo clasifica como ligeramente ácido (Samaniego Vaesken, 2012) . Al formar parte de diversos productos, como es el caso de los muffins, estos se ven influenciados por la acidez del yogur. Además, la acidez de la oca y la papa china se ve afectada por el grado de madurez de las materias primas, así como por el contenido de azúcar.

En el caso de la oca, esto se relaciona con el grado de exposición a la luz solar, lo que le confiere mayor dulzor. Además, las reacciones bioquímicas del almidón en azúcares también contribuyen a esta relación. En cuanto a la papa china, al ser rica en almidón, presenta un contenido elevado de azúcares, lo que contribuye a la disminución del ácido oxálico presente y, por ende, a la reducción de la acidez (Padmaja, 2009; Villacres, Pomboza, Valle, Lalaleo y Vargas, 2018).

Tabla 4. pH y acidez de los muffins elaborados con harinas de trigo, papa china y oca amarilla.

Parámetros	Muffin control	Muffins Papa china	Muffin Oca amarilla
pH	7,07±0,05 ^a	6,94±0,12 ^a	6,90±0,04 ^a
Acidez Titulable (% ácido láctico)	0,033±0,005 ^b	0,048±0,005 ^a	0,048±0,005 ^a

Los superíndices a, b, c corresponden a la diferencia significativa entre muestras de cada muffin desarrollado 100% con harina de cultivos andinos. Los valores corresponden a la media de tres mediciones \pm la desviación estándar, evaluada con la prueba de comparación Tukey al 95 % de confianza.

3.2.2. Actividad de agua (a_w)

La actividad de agua (Tabla 5) no mostró diferencias significativas entre las muestras evaluadas ($p > 0,05$). Tanto la muestra control como la de papa china exhiben un mayor grado de a_w , registrando valores de 0,93 y 0,92, respectivamente, mientras que la muestra de oca presenta un valor inferior de 0,90. Los resultados, muestran una elevada actividad de agua, lo que constituye un desafío significativo para la vida útil del producto ya que contenidos de actividad de agua altos podrían ser indicativos de desarrollo microbiano si no se cumplen con los requerimientos de almacenamiento (Badui Dergal, 2013).

Es crucial señalar que el intervalo de actividad de agua podría propiciar proliferación rápida de microorganismos en productos de panadería que se encuentra en los rangos entre 0,85 y 0,90 (Paucar-Menacho, Salvador-Reyes, Guillén-Sánchez y Mori-Arismendi, 2016). La mayoría de los alimentos exhiben una actividad de agua superior al 0,95 proporcionando la humedad adecuada para favorecer el desarrollo de bacterias, levaduras y mohos. No obstante, el crecimiento de levaduras y mohos comunes en productos de panadería se detiene cuando la actividad de agua alcanza 0,70 lo que se conoce como el límite práctico (Smith et al., 2004; Ospina Meneses y Cartagena Valenzuela, 2008).

En el análisis del contenido de actividad de agua en el muffin de oca amarilla, se observa una disminución notable. Este fenómeno se atribuye al mayor contenido de fibra en la muestra (9,82%). La fibra dietética posee la capacidad de retener agua,

afectando así la textura y la capacidad de retención de líquidos en productos horneados como los muffins, lo que se traduce en valores más bajos de actividad de agua (Boz, 2023). Los valores presentados en este estudio guardan relación con estudios similares como el caso del estudio de Sopotenska y Chonova (2018) quien analizó la actividad de agua en muffins con harina de trigo, arroz, garbanzo y castaña.

Tabla 5. Actividad de agua (A_w) de los muffins elaborados con harinas de trigo, papa china y oca amarilla.

Parámetros	Muffin control	Muffins Papa china	Muffin Oca amarilla
a_w	0,93±0,01 ^a	0,92±0,002 ^a	0,90±0,01 ^b

Los superíndices a, b, c corresponden a la diferencia significativa entre muestras de cada muffin desarrollado 100% con harina de cultivos andinos. Los valores corresponden a la media de tres mediciones ± la desviación estándar, evaluada con la prueba de comparación Tukey al 95 % de confianza.

3.2.3. Composición proximal

Los resultados del análisis proximal de los muffins en base a harina de oca amarilla (*Oxalis tuberosa* Molina) y papa china (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) se presentan en la Tabla 6, los resultados muestran diferencias significativas entre los distintos tipos de muffins con relación a varios parámetros ($p < 0,05$). El contenido de humedad fue más elevado en el muffin de papa china, mostrando similitud con el muffin control, por ello, si se presentan diferencias significativas ($p < 0,05$). Sin embargo, el muffin de oca amarilla registró un valor inferior al de ambas muestras, con porcentajes de 31,14 %, 29,380 % y 27,74 % respectivamente. Estos resultados son comparables con estudios similares que utilizan harinas no convencionales. Por ejemplo, en el estudio de Kaur y Kaur (2018) el porcentaje de humedad reportado para el muffin de trigo fue de 25,21% y para el tratamiento con mezclas de harina de trigo y linaza, el rango de humedad osciló entre 21,95 % y 24,64 %.

Asimismo, en el estudio de Soto-Maldonado, Concha-Olmos y Zúñiga-Hansen (2020) sobre la utilización de plátano en la elaboración de muffins, reportaron valores de humedad de 31,05 % para el muffin de control de trigo y 27,17 % para el muffin de plátano sobremadurado tratado enzimáticamente. Por otro lado, Salazar et al. (2021) encontraron valores diferentes, con un 36,95 % de humedad para el muffin control de

trigo y un 37,10 % para un muffin elaborado a partir de premezclas de harinas de oca y mashua.

La notoria diferencia en el contenido de humedad del tratamiento con papa china, posiblemente se debe a su elevado contenido de almidón (Sáenz Aguirre, 2022). Este atributo se relaciona principalmente con la capacidad de hinchamiento y retención de una mayor proporción de agua por parte del almidón (Chuiza Rojas, Haro Velasteguí y Brito Moína, 2021). En el caso de la oca amarilla se observa un nivel de humedad inferior, lo cual podría atribuirse a variaciones en las concentraciones de proteínas, el grado de interacción con el agua y las respectivas características de conformación en relación a la estructura, disposición de las moléculas y componentes en la oca amarilla (Salazar et al., 2021). Además, según Silva (2019), otro factor influyente podría ser el porcentaje de contenido graso en las muestras, ya que una capacidad hidrofóbica reducida puede alterar la capacidad de retención de agua. Estas observaciones también pueden estar relacionadas con las premezclas y formulaciones utilizadas, como señala Heo, Kim, Lee y Moon (2019).

En cuanto a los resultados de proteína, se observa diferencias significativas ($P \leq 0,05$), siendo el muffin control el que presenta el valor más alto, con un 12,80 %. Este valor se atribuye a la presencia de gluten en la harina de trigo. En segundo lugar, se encuentra la papa china, con un 10,30 %, y en tercer lugar la oca amarilla, con un 5,61 %. A pesar de que todos los tratamientos están elaborados con las mismas proporciones de harinas, estas diferencias pueden deberse a la naturaleza intrínseca de las materias primas (Salazar et al., 2021).

En el caso de los tubérculos andinos, se ha observado que el porcentaje de proteína es generalmente bajo y muy variable, con un rango de 1,4 % a 17,5 % como se señala en el estudio denominado “cultivos de raíces y tubérculos como alimentos funcionales: una revisión sobre los componentes fitoquímicos y sus posibles beneficios para la salud” y en la investigación titulada como “Raíces y tubérculos indígenas andinos: Nuevos alimentos para el nuevo milenio” (Chandrasekara & Josheph Kumar, 2016; Roca, Ynouye, Manrique, Arbizu y Gomez 2007), siendo así que, la baja capacidad de fijación de nitrógeno se atribuye a la naturaleza de estas harinas y almidones, los cuales carecen de gluten, por ende, disponen de contenidos bajos de proteínas (Belorio & Gómez, 2020).

En estudios comparativos de la elaboración de muffins, como el caso de la harina de trigo con harina de oruga *Gonimbrasia zambesina*, se observan resultados distintos a los mencionados en este estudio. La variación en los resultados se atribuye a la adición de proteína del insecto en la formulación, según indica Ouma, Muriithi y Anyango (2022) el nivel de sustitución de las harinas presenta un rango en el valor de proteína que va desde el 19,67 % hasta el 34,15 %. Adicionalmente, en el estudio de Salazar et al. (2021), un muffin elaborado con una premezcla de harinas andinas que incluye oca, achira, y mashua reportan un valor de 1,82 % en proteína. En contraste, en el tratamiento con harina de oca amarilla en este estudio, se observa un valor superior, como se detalla en la Tabla 6 y esto se puede deber a la composición nutricional de cada tubérculo.

El contenido de grasa reveló diferencias significativas ($P \leq 0,05$), con valores de 9,65 % para el muffin de control, seguido de 7,97 % para la oca amarilla y 7,12 % para el tratamiento con papa china. Estas diferencias podrían atribuirse al contenido de grasa presente en las harinas utilizadas en la formulación. La harina de trigo, oca y papa china, por ejemplo, exhiben valores de 2 %, 1,06 %, y 0,81 %, respectivamente. Es importante destacar que la harina de papa china (*Colocasia esculenta*) presenta un contenido de grasa notablemente bajo. En un estudio previo, se encontró que la harina de papa china tiene un contenido de grasa de 0,3 g por cada 100 g de harina (Lara Rubio y Molano Agudelo, 2004). Otro estudio reporta un contenido de grasa ligeramente superior, situándolo en 0,81 % (Martínez et al., 2019).

En comparación, la harina de trigo tiene un contenido de grasa muy bajo, que generalmente es inferior al 2 %. Santillán et al. (2016) menciona que es importante tener en cuenta que el contenido de grasa puede variar ligeramente dependiendo del procesamiento y la fuente de la harina. Salazar et al. (2021) en su estudio sobre la caracterización y potencial tecnológico de harinas de cultivos andinos, reportaron un valor de 1,06 % de grasa en la harina de oca amarilla y expresa que el contenido de grasa en las harinas puede variar según la variedad de cultivo y la zona geográfica.

Es importante destacar que la baja proporción de grasa en los muffins puede resultar en notables reducciones en el contenido calórico proveniente de la grasa. No obstante, este factor también ejerce influencia en las características sensoriales del producto final, dando lugar a una disminución en la aireación, lo que se traduce en una estructura

más frágil, pérdida de humedad y una transferencia de calor limitada (Zambrano et al., 2005). Con referencia a esto, en la formulación de los muffins elaborados se consideró la adición de aceite de oliva con el objetivo de mejorar estas características sensoriales de los muffins.

Este enfoque coincide con lo expresado por Olaya Vañó (2016) quien aborda la relación textura-percepción sensorial en bizcochos bajos en grasa, mencionando que el contenido de grasa presente se relaciona de forma directa con las características sensoriales de los productos finales. Además, con relación al contenido de grasa Penelitan et al. (2012) también reportó un valor de 18,23 % de contenido de grasa en la elaboración de muffins, y atribuye al uso de margarina en el proceso de elaboración. Entonces, el incremento en el contenido de materia grasa presente en los muffins elaborados se debe a la adición de aceite de oliva, coincidiendo con lo mencionado por estos autores.

El contenido de cenizas en muffins puede variar según los ingredientes utilizados en la formulación y el tipo de cultivo andino empleado (Salazar et al., (2021). En este sentido, los tratamientos presentaron diferencias significativas ($P < 0,05$), registrando valores superiores en los tubérculos andinos, con un 2,68 % para el muffin de papa china y 2,14 % para el de oca amarilla, en comparación con el control que presentó un valor inferior de 1,45 %. Estas diferencias se atribuyen a la naturaleza inherente de la materia prima. En el caso de los tubérculos andinos, los valores más altos pueden asociarse a la forma en que se desarrolla el cultivo. Estos tubérculos poseen niveles elevados de minerales por las condiciones extremadamente adversas en las que crecen, como la sequía, las temperaturas gélidas y la exposición a los rayos UV (Barrera et al., 2004; Flores et al., 2003; Valcárcel-Yamani, Rondán-Sanabria y Finardi-Filho, 2013).

Los tubérculos andinos acumulan son ricos en minerales característicos del suelo de la región en la que son cultivados. Un ejemplo de ello son la mashua, oca amarilla, papa china y achira, que son tubérculos andinos que contienen minerales como hierro, zinc y manganeso (Espín et al., 2004). Además, presentan sales minerales como calcio, potasio y hierro, así como fósforo. Estos tubérculos también son una fuente importante de proteínas, fibra y carbohidratos, y contienen niveles significativos de vitamina C (Hermann, 1997).

Se observaron diferencias significativas ($P \leq 0,05$) en el contenido de fibra entre todas las muestras. El muffin de oca amarilla presentó valores superiores, alcanzando un 9,82 %, seguido por la papa china con un valor de 7,35 %, y por debajo de ambos, la muestra control con un 6,62 % y de acuerdo con el Parlamento Europeo, un alimento puede considerarse como una fuente de fibra si contiene al menos 3 g de fibra por cada 100 g de muestra de un producto o al menos 1,5 g de fibra por cada 100 kcal que aporte el producto (Quirós-Villegas, Estévez-Martínez, Perales-García y Urrialde, 2017). En este contexto, las muestras de muffins desarrollados en este estudio pueden ser denominadas productos con un alto contenido de fibra.

Mientras que las diferencias entre muestras pueden atribuirse al hecho de que el porcentaje de fibra en los tubérculos andinos puede depender de diversos factores, que incluyen el tipo específico de tubérculo, las condiciones de crecimiento y la madurez del tubérculo al momento de la cosecha (Nabeshima et al., 2020). Es importante señalar que algunas variedades pueden tener naturalmente un mayor contenido de fibra que otras. Por lo tanto, el contenido de fibra está directamente relacionado con la composición y concentración de polisacáridos, oligosacáridos, lignina y sustancias asociadas que forman parte de la constitución proximal de las harinas utilizadas (Ayala, 2004; Escudero y González, 2006). En el caso particular de la oca amarilla, su contenido más elevado en fibra en comparación con otros tubérculos puede atribuirse a sus características genéticas y fisiológicas, así como a las condiciones ambientales en las que se cultiva (Choquechambi et al., 2019).

En lo que respecta a los carbohidratos, se observó que el valor más alto correspondió a los muffins de oca amarilla, alcanzando un 46,72 % con ($p > 0,05$), mientras que en los muffins de papa china y el control de trigo se registraron valores similares, con 41,41 % y 40,10 %, respectivamente. Estas diferencias en el contenido de carbohidratos se deben a la composición de la harina de cada tubérculo, como es evidente en el caso de la oca amarilla, que presenta un valor de 13,3 gramos de carbohidratos por cada 100 gramos del tubérculo (Choquechambi et al., 2019).

Sin embargo, es crucial destacar que, tanto para la oca amarilla como para la papa china, la cantidad de carbohidratos puede fluctuar según la variedad del tubérculo y las condiciones de cultivo. Además, el contenido de carbohidratos puede cambiar dependiendo del método de preparación y el grado de maduración al cual fue expuesta

la oca, ya que a mayor maduración, se observa un mayor contenido de carbohidratos (Nabeshima et al., 2020). Al considerar el contenido calórico aportado por los muffins, se observan diferencias significativas al compararlos con la muestra control y los tubérculos andinos. El muffin de trigo aporta un valor de 311,71 Kcal/100 g, seguido del muffin de oca amarilla con 300,70 Kcal/100 g, y por debajo de estos valores se encuentra el muffin de papa china con un aporte de 285,63 Kcal/100 g.

De acuerdo con Silva (2021), los elementos que contribuyen a la energía en el organismo son las grasas con 9 kilocalorías por gramo, los hidratos de carbono y las proteínas con 4 kilocalorías por gramo. Al relacionar estos datos con los análisis realizados, se puede expresar que el muffin de trigo aporta un total de 558,98 kilocalorías, el muffin de papa china 515,36 kilocalorías, y con una diferencia significativa el muffin de oca amarilla tiene un valor de 631,05 kilocalorías al sumar el aporte de calorías de carbohidratos, grasa y proteína.

Estos contenidos calóricos hacen de los muffins una buena alternativa de consumo, especialmente en actividades que demandan un mayor aporte de energía (Leidi et al., 2018), además los valores reportados en esta investigación concuerda con el estudio realizado por Kumar et al. (2021) quien analiza el contenido nutricional de muffins incorporados con escualeno microencapsulado como aditivo alimentario funcional y mostró que el valor calórico de las muffins preparadas osciló entre $480,78 \pm 0,10$ y $501,61 \pm 0,38$ kcal.

Tabla 6. Análisis proximal de las muestras de muffin elaborados con harinas de trigo, papa china y oca amarilla.

Parámetros	Muffin control	Muffins Papa china	Muffin Oca amarilla
Humedad (%)	29,38±0,97 ^{ab}	31,14±1,42 ^a	27,74±0,22 ^b
Proteína (%)	12,80±0,05 ^a	10,30±0,05 ^b	5,61±0,05 ^c
Grasa (%)	9,65±0,05 ^a	7,12±0,05 ^c	7,97±0,05 ^b
Cenizas (%)	1,45±0,31 ^c	2,68±0,01 ^a	2,14±0,17 ^b
Fibra (%)	6,62±0,05 ^c	7,35±0,05 ^b	9,82±0,05 ^a
Carbohidratos (%)	40,10±0,73 ^b	41,41±1,30 ^b	46,72±0,25 ^a
Calorías (Kcal/100g)	311,71±3,17 ^a	285,63±5,86 ^c	300,70±1,18 ^b

Calorías de la grasa (Kcal/100g)	86,85±0,45 ^a	64,08±0,45 ^c	71,73±0,45 ^b
Calorías de CH y grasa (Kcal/100g)	247,27±3,05 ^b	229,73±5,60 ^c	258,62±1,05 ^a
Calorías de Proteína (Kcal/100g)	51,20±0,20 ^a	41,20±0,20 ^b	22,44±0,20 ^c

Los superíndices a, b, c corresponden a la diferencia significativa entre muestras de cada muffin desarrollado 100% con harina de cultivos andinos. Los valores corresponden a la media de tres mediciones \pm la desviación estándar, evaluada con la prueba de comparación Tukey al 95 % de confianza.

3.2.4. Textura

Los resultados del perfil de textura de los distintos muffins se muestran en la Tabla 7, no se observa diferencias significativas entre las muestras ($p > 0,05$). Con relación a la dureza de los muffins, el muffin de oca amarilla destacó al presentar un valor superior en comparación con las otras muestras. Los muffins control y de papa china, exhibieron valores más bajos y similares 0,96 N y 0,80 N, respectivamente. En términos de textura, el muffin de oca amarilla demostró una resistencia notable al ser presionado, sugiriendo una textura más firme y robusta, como expresan Harastani, James, Ghosh, Rosenthal y Woolley (2021) en su estudio denominado reformulación de muffins con inulina y harina de plátano verde: propiedades físicas, sensoriales, nutricionales y de vida útil.

Con relación a la Adhesividad, los tres tipos de muffins exhiben valores cercanos, sin diferencias estadísticamente significativas entre ellos. Los resultados muestran valores de 0,17 mJ para el control, 0,27 mJ para la papa china y 0,50 mJ para la oca amarilla. Este parámetro está relacionado con la capacidad de adherencia de la superficie externa del muffin al ser manipulado o mordido (Kumar et al., 2021), de hecho el muffin de oca amarilla es el que presenta un valor superior, indicando una mayor tendencia a la adhesividad en comparación con las otras muestras.

En cuanto a la cohesividad, que representa la fuerza interna que mantiene un material unido, los valores son similares entre los tres tipos de muffins, sin diferencias significativas. Los resultados muestran valores de 1,25 para el muffin control, 1,32 para la papa china y 1,05 para la oca amarilla. En este sentido, la muestra de papa china presenta un valor superior en relación con el parámetro de cohesividad, superando al control y a la oca amarilla. Por lo tanto, el muffin de papa china presenta una mayor

capacidad interna para mantener su estructura sin desmoronarse. En contraste, la muestra de oca amarilla, al tener el valor más bajo, es más susceptible a una menor cohesión interna, lo que podría traducirse en una mayor tendencia a la deformación (Wieser, 2007).

En cuanto a la elasticidad, este parámetro mide la capacidad de un material para recuperar su forma original después de ser deformado. El muffin de oca amarilla exhibe una elasticidad significativamente menor en comparación con los otros dos, registrando un valor de 1,11. A continuación, el muffin control presenta una elasticidad intermedia de 1,62 mm, mientras que el de papa china destaca con un valor superior de 1,83. Este último muffin muestra una mayor capacidad para volver a su forma original después de ser presionado o mordido, lo que sugiere una estructura más elástica (Fizman et al., 2013). Cabe destacar que la elasticidad está vinculada a la composición de la masa, afectada por factores como la estructura de la red de gluten, la presencia de almidones y la cantidad de grasa (Cappelli, Oliva y Cini, 2020).

La masticabilidad, que representa la facilidad con la que un material se puede masticar, el muffin de papa china destaca con un valor de 2,13 mJ, siendo significativamente más masticable en comparación con las otras dos muestras. En contraste, el muffin control y el de oca amarilla no presentan diferencias significativas, evidenciando valores de 1,80 mJ y 1,77 mJ, respectivamente. Así, el muffin de papa china muestra una mayor facilidad para descomponerse durante la masticación, lo que sugiere una textura más suave y agradable al paladar (Aleman, 2021; Cachaper, 2005).

Tabla 7. Perfil de textura de los muffins elaborados con harinas de trigo, papa china y oca amarilla.

Muestra	Muffin control	Muffin papa china	Muffin oca amarilla
Dureza (N)	0,95±0,12 ^b	0,80±0,12 ^b	1,88±0,30 ^a
Adhesividad (mJ)	0,17±0,15 ^a	0,27±0,31 ^a	0,50±0,52 ^a
Cohesividad	1,25±0,23 ^a	1,32±0,37 ^a	1,05±0,28 ^a
Elasticidad	1,62±0,41 ^a	1,83±0,41 ^a	1,11±0,09 ^a
Masticabilidad (mJ)	1,80±0,44 ^a	2,13±0,45 ^a	1,77±0,15 ^a

Los superíndices a, b, c corresponden a la diferencia significativa entre muestras de cada muffin desarrollado 100% con harina de cultivos andinos. Los valores corresponden a la media de tres mediciones \pm la desviación estándar, evaluada con la prueba de comparación Tukey al 95 % de confianza.

3.2.5. Tamaño del alveolo

En la Tabla 8 se muestran los resultados del análisis del tamaño y número de alveolos. El diámetro de los alveolos varió desde un mínimo de 0,010 cm hasta un máximo de 0,154 cm. Sin embargo, el muffin de control, elaborado exclusivamente con harina de trigo, exhibe un mayor tamaño y cantidad de alveolos totalizando 78, seguido por el muffin de harina de papa china con 70 alveolos. Cabe destacar que, en comparación con el control, los alveolos del muffin de papa china presentan un número similar de alveolos, pero con dimensiones más pequeñas. En cuanto al muffin de oca amarilla, muestra un total de 44 alveolos, colocándose por debajo de los dos tratamientos anteriores.

La variabilidad en los resultados, según Palacio, Etcheverría y Manrique (2018), depende de varios factores, incluidos el método de horneado, los ingredientes y el proceso de fermentación en sí mismo. En este sentido, el muffin de control presenta una mayor cantidad de alveolos debido a que la harina de trigo, por naturaleza, contiene gluten, compuesto por dos tipos de proteínas: gliadina y glutenina. De acuerdo a Flambeau, Redl y Respondek (2017) estas proteínas constituyen aproximadamente el 80% de las proteínas totales de la harina y están presentes en cantidades casi iguales. Estas proteínas, como señala García Ibarra et al. (2016), influyen en las propiedades únicas del trigo para formar estructuras estables, atribuibles a las propiedades viscoelásticas de las proteínas del gluten.

Tabla 8. Tamaño de alveolos de las diferentes muestras de muffins elaborados con harinas de trigo, papa china y oca amarilla.

N°	Tamaño de alveolos(cm)	Número de alveolos		
		Muffin Control	Muffin papa china	Muffin oca amarilla
1	0,010 – 0,020	12	8	2
2	0,020 – 0,029	8	7	3
3	0,029 – 0,039	10	13	5
4	0,039 – 0,049	7	2	6
5	0,049 – 0,059	8	7	9

6	0,059 – 0,069	8	9	7
7	0,069 – 0,078	5	6	4
8	0,078 – 0,088	3	2	4
9	0,088 – 0,098	4	5	2
10	0,098 – 0,108	1	3	1
11	0,108 – 0,118	6	4	1
12	0,118 – 0,127	3	3	0
13	0,127 – 0,137	0	1	0
14	0,137 – 0,147	0	0	0
15	0,147 – 0,157	3	0	0
TOTAL		78	70	44

En contraste, los muffins de papa china y oca amarilla, al carecer de gluten, experimentan reacciones en el proceso de fermentación relacionadas al almidón. Durante el horneado, el almidón en la harina se gelatiniza, un fenómeno respaldado por Cobo Quintana (2014) quien investigó la sustitución de alimentos de achira (*Canna edulis*) por una mezcla de almidones de papa (*Solanum tuberosum*) y yuca (*Manihot esculenta*) en la elaboración de quesadillas. En la gelatinización, los gránulos de almidón absorben agua y se hinchan, brindando estabilidad a la estructura del producto.

Posteriormente, se forma una red de almidón que ayuda a retener el gas liberado por el polvo de hornear. Esta reacción ácido-base contribuye al proceso de leudado de la masa, resultando en una textura más aireada y esponjosa (Bangar et al., 2022 ;Ferrero et al., 2009; Escalada Pla et al., 2023). Al comparar el muffin de papa china y oca amarilla, se observa una diferencia significativa en la cantidad de alvéolos. Esto se debe a que la harina de papa china contiene una mayor cantidad de almidón en su composición, lo que aumenta la probabilidad de interacción con el polvo de hornear para crear redes y capturar una mayor cantidad de dióxido de carbono (CO₂).



Figura 4. Imágenes del color de los muffins y de la estructura de la miga (A: muffin control; B: papa china; C: oca amarilla)

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

En la Figura 5 se presentan los resultados de pH para los distintos tratamientos de muffins analizados durante un periodo de 21 días de almacenamiento. TRG control con 100% harina de trigo, PPC con 100% de harina de papa china y OCM con 100 % de harina oca amarilla. El pH desempeña un papel fundamental en los muffins de panadería, afectando directamente la calidad, consistencia y durabilidad del producto final. Además, sirve como un indicador clave de la presencia de microorganismos (Channaiah et al., 2017; Gökmen et al., 2008).

En los resultados de pH obtenidos para cada muestra a lo largo del tiempo, se observa una tendencia ascendente en la muestra control y descendente en las muestras de papa china y oca amarilla desde el día 1 al 7, mientras que para el día 14 en el control existió una reducción en el pH, sin embargo, en el muffin de oca y papa china se observó un incremento. Las diferencias se atribuyen a la naturaleza inherente de las harinas e ingredientes utilizados, y la disminución en el pH de las muestras de tubérculos andinos, se atribuye por la presencia predominante de azúcares. En cambio, el control experimenta un incremento, debido a la menor presencia de azúcares. No obstante, para el día 21 se estandarizaron las tres muestras y presentaron un pH alcalino.

Estas variaciones en el pH pueden atribuirse principalmente a los componentes de las formulaciones, destacando la presencia de yogurt, ya que los tres tratamientos muestran pequeños cambios en el contenido de ácido láctico ($p \geq 0,05$). En productos de panadería elaborados con harina de trigo, el aumento en el pH puede deberse a la presencia de agentes leudantes o bicarbonato de sodio, comúnmente utilizados.

Además, factores como el almacenamiento y los ingredientes, así como la presencia de azúcares (abundantes en la papa china y la oca amarilla), influyen en estas variaciones. La fermentación de la glucosa por bacterias lácticas produce ácido láctico, disminuyendo el pH. Sin embargo, en algunos casos, el pH puede aumentar después de un período de fermentación debido a la liberación de ácidos orgánicos por microorganismos, inicialmente disminuyendo el pH pero luego el consumo de nutrientes puede llevar a su aumento de pH (Gunsalus y Niven, 1942; Mohd-Zaki et al., 2016).

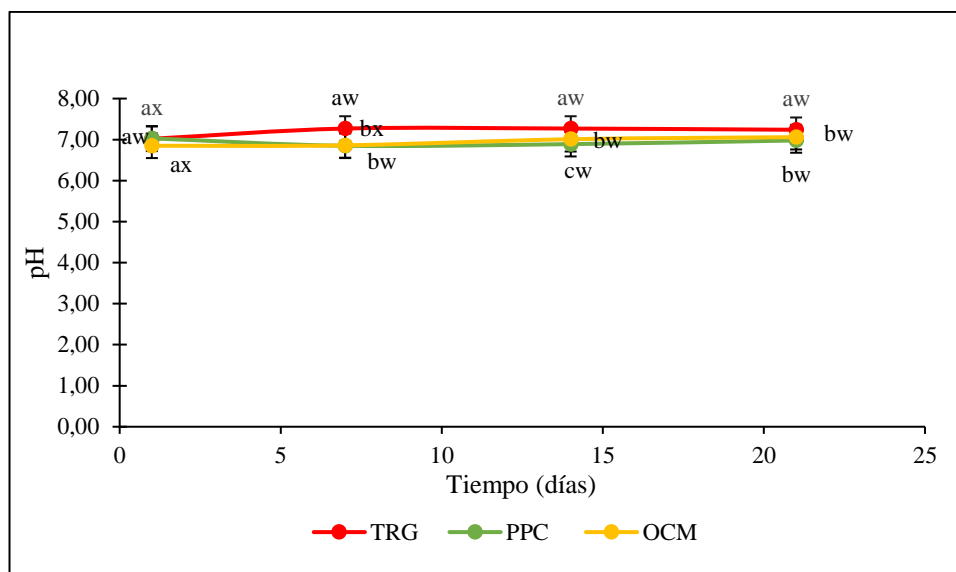


Figura 5. Evolución de pH en los diferentes muffins durante 21 días de almacenamiento. TRG control con 100% harina de trigo, PPC con 100% de harina de papa china y OCM con 100 % de harina oca amarilla. Los resultados son la media de tres mediciones \pm desviación estándar. Letras diferentes (a, b, c) indican diferencias significativas entre tratamientos al mismo tiempo ($p < 0,05$). Letras diferentes (w, x, y) indican que existen diferencias significativas por tratamientos en el tiempo ($p < 0,05$).

En la Figura 6 se muestran los valores de acidez registrados durante 21 días de almacenamiento, los resultados muestran diferencias significativas ($p < 0,05$). La muestra control al inicio del experimento, exhibió un valor de acidez de 0,033 % de ácido láctico, manteniéndose constante hasta el día 7 y 14, y finalmente alcanzando un valor de acidez de 0,033 % para el día 21. Por otro lado, las muestras de papa china y oca amarilla presentaron valores de acidez idénticos de 0,048 % de ácido láctico en los días uno y siete. En cuanto a la papa china, se observó un aumento en la acidez hasta 0,057 % en el día 14, seguido de una disminución hasta 0,045 %. Este patrón también se observó en el muffin de oca amarilla, donde los valores fueron de 0,060 % y 0,054 % para los días 14 y 21 respectivamente.

Al realizar comparaciones entre tratamientos, se observa que en el día 1, el muffin de control exhibe menor acidez en comparación con los muffins de papa china y oca amarilla. Esta diferencia persiste en el día 7, donde el control sigue siendo menos ácido que las otras muestras. Para el día 14, el control mantiene constante su nivel de acidez, siendo el menos ácido, mientras que se observan cambios significativos en los otros tratamientos. Se destaca un aumento considerable en la acidez del muffin de oca

amarilla, seguido por el de papa china, que muestra un valor intermedio. En el día 21, se mantiene el mismo comportamiento de acidez, siendo el muffin de oca amarilla el más ácido, seguido por el de papa china, y el control exhibiendo la menor acidez.

Los valores de acidez obtenidos en este estudio muestran similitudes con los reportados por Salazar et al. (2021) quienes presentaron los niveles de acidez para diferentes tipos de muffins. Las variaciones en los resultados de este estudio se deben a la inclusión de yogur en la formulación, ya que este podría influir directamente en las fluctuaciones del contenido de ácido láctico. Los muffins con harina de tubérculos andinos presentaron niveles de acidez más elevados en comparación con el control, lo cual se atribuye a la naturaleza inherente de las harinas utilizadas y a la presencia de azúcares en la composición.

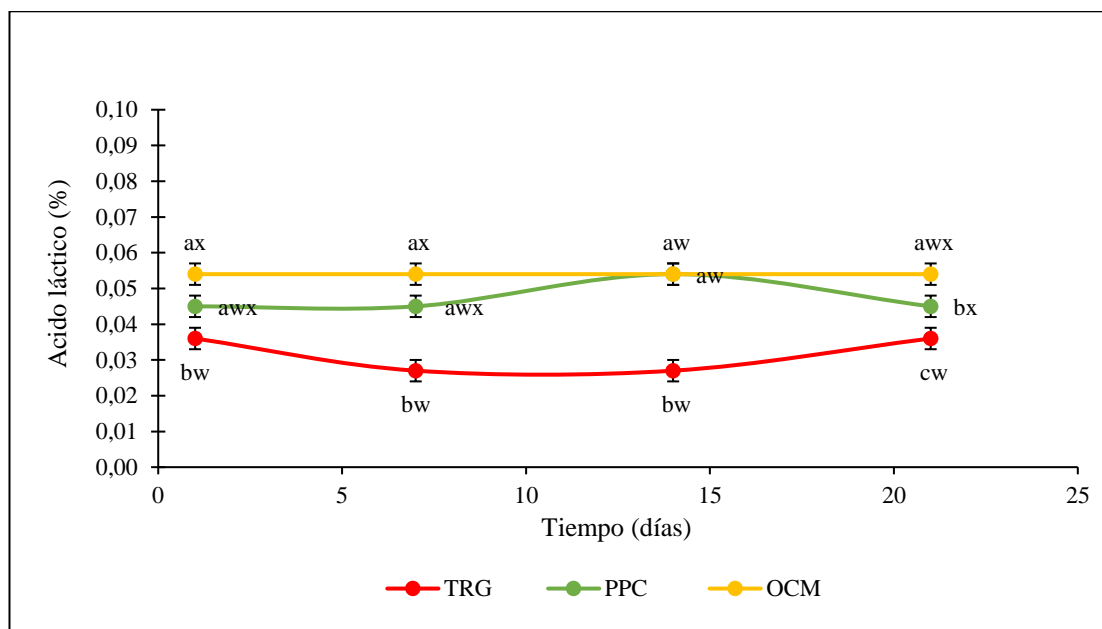


Figura 6. Evolución de la acidez en los diferentes muffins durante 21 días de almacenamiento. TRG control con 100% harina de trigo, PPC con 100% de harina de papa china y OCM con 100 % de harina oca amarilla. Los resultados son la media de tres mediciones \pm desviación estándar. Letras diferentes (a, b, c) indican diferencias significativas entre tratamientos al mismo tiempo ($p < 0,05$). Letras diferentes (w, x, y) indican que existen diferencias significativas por tratamientos en el tiempo ($p < 0,05$).

La Figura 7 se representa los parámetros de color para los diferentes tratamientos de muffins, destacando diferencias significativas en el parámetro L^* , que indica la luminosidad en una escala de 0 a 100 (Martínez-Castaño et al., 2020). En la muestra de trigo, se observa un valor de L^* superior a 50, clasificándolo como un muffin de

intensidad media de color. A lo largo de los días 7, 14 y 21 se registra un aumento y luego una reducción en la luminosidad. En contraste, los muffins de papa china muestran una mayor estabilidad en el color, manteniendo un valor constante de L^* alrededor de 67,693 desde el día 1 hasta el día 7, con una leve disminución en los días 14 y 21. Por otro lado, el muffin de oca amarilla experimenta un leve aumento en la luminosidad durante los 21 días, pasando de 56,367 en el día 1 a 63,3 en el día 21.

En el análisis de las diferencias entre tratamientos en los días 1, 14 y 21, se observa una variación en el color de los muffins. En el día 1, el muffin de papa china tiende hacia tonos más blancos, seguido por el control y luego el muffin de oca amarilla. Sin embargo, esta tendencia se invierte en el día 14 y persiste hasta el día 21, colocando al muffin de control en primer lugar, seguido por el de papa china y luego el de oca amarilla.

Las variaciones en el color podrían estar relacionadas con un mayor contenido de azúcares reductores, resultado del malteado y esencial en el pardeamiento no enzimático o reacción de Maillard. Esto se ve influenciado también por la presencia de fibra dietética (Heo et al., 2019; Ureta et al., 2014). Aunque la reacción de Maillard ocurrió en todas las formulaciones, fue más frecuente en los muffins con harinas ricas en almidón y tonos blancos, como la harina de trigo y la de papa china, en comparación con la harina de oca amarilla que, debido a su naturaleza y exposición al sol, tiene un tono amarillo, reduciendo así sus índices de tonos blancos (Scarton et al., 2021). En particular, todas las formulaciones mostraron un comportamiento similar en el color de la miga, superando los valores medios de L^* , asociados con colores de intensidad media-alta (De Souza, Cordeiro, Silva, De Andrade y Schmiele, 2022).

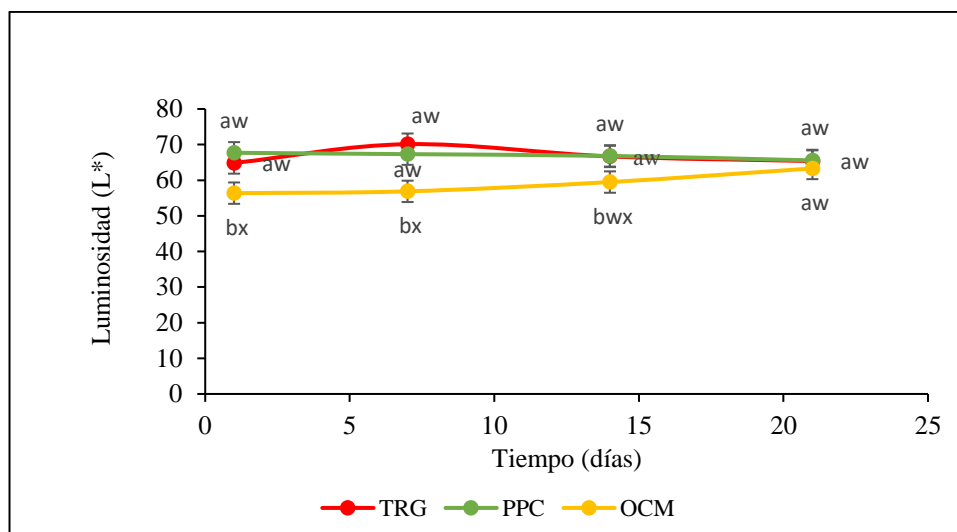


Figura 7. Evolución del parámetro de luminosidad (L^*) de los muffins durante 21 días de almacenamiento. TRG control con 100% harina de trigo, PPC con 100% de harina de papa china y OCM con 100 % de harina oca amarilla. Los resultados son la media de tres mediciones \pm desviación estándar. Letras diferentes (a, b, c) indican diferencias significativas entre tratamientos al mismo tiempo ($p < 0,05$). Letras diferentes (w, x, y) indican que existen diferencias significativas por tratamientos en el tiempo ($p < 0,05$).

En la Figura 8 se presentan los resultados del parámetro a^* obtenidos en las muestras de los diferentes muffins. El parámetro a^* es una medida de la coordenada de cromaticidad verde-rojo y señala la posición de un color en el eje verde-rojo del espacio de color CIELAB. Los resultados exhiben diferencias significativas ($p < 0,05$) en el día 1, donde las muestras de papa china y oca amarilla mostraron valores similares con tendencia a la presencia de colores rojos, y al comparar con el control se evidencian valores menores (Aina, Falade, Akingbala y Titus, 2009).

Al analizar los valores en los días 7, 14 y 21, los muffins de oca amarilla y papa china presentaron valores superiores al control. Esto se atribuye a que la harina de oca amarilla, en comparación con la harina de papa china, contiene un mayor porcentaje de flavonoides, antocianinas y carotenoides en su composición, lo que resulta en una mayor tendencia a estos tonos (Martínez González et al., 2018). En contraste, la harina de trigo, presente en el control, exhibe tonos blancos (Aina et al., 2009; Lamdande et al., 2018).

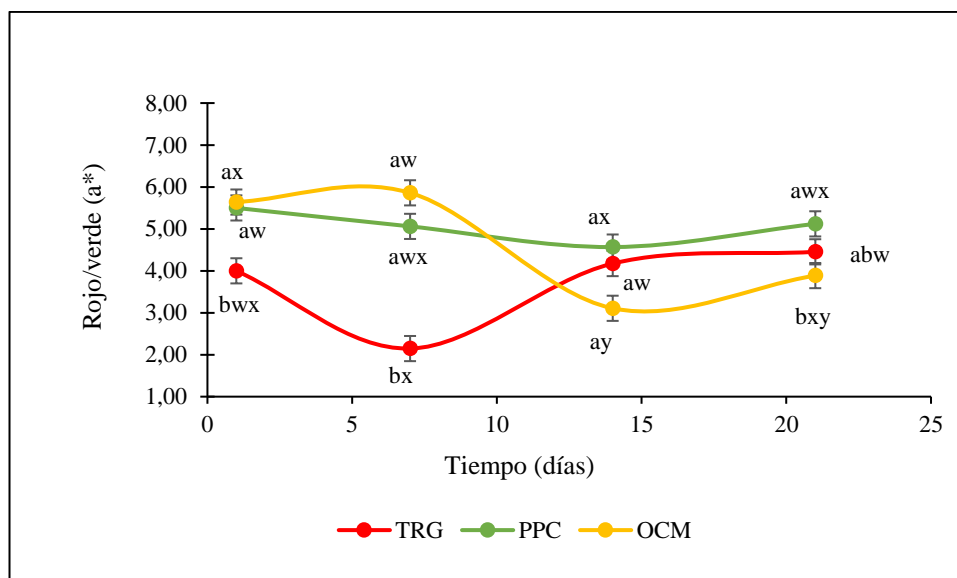


Figura 8. Evolución del parámetro de color rojo (a^*) de los muffins durante 21 días de almacenamiento. TRG control con 100% harina de trigo, PPC con 100% de harina de papa china y OCM con 100 % de harina oca amarilla. Los resultados son la media de tres mediciones \pm desviación estándar. Letras diferentes (a, b, c) indican diferencias significativas entre tratamientos al mismo tiempo ($p < 0,05$). Letras diferentes (w, x, y) indican que existen diferencias significativas por tratamientos en el tiempo ($p < 0,05$).

En cuanto al parámetro de color amarillo (b^*) representado en la Figura 9, se observan diferencias significativas entre los tratamientos en el día uno. La oca amarilla destaca por su superioridad debido a la presencia de flavonoides y carotenoides en comparación con otras materias primas (Pérez-Balladares et al., 2019). Aunque la muestra control y la de papa china muestran valores cercanos. La presencia de tonos amarillos en la miga de los muffins se atribuye a diversos factores relacionados con ingredientes, procesamiento y reacciones durante el horneado.

La presencia de azúcares ya sea de forma natural o añadidos en los muffins, induce reacciones químicas como la de Maillard y caramelización entre aminoácidos y azúcares reductores, otorgando a los muffins colores dorados y amarillos. Este fenómeno es respaldado por Odely Cintya (2019) en un estudio sobre el efecto de la sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestevium*) por harina de tarwi (*Lupinus mutabilis sweet*) en las propiedades físicoquímicas y sensoriales de cupcakes.

Para el día 7, se observa una disminución de tonalidades amarillas, siendo la oca amarilla la de mayor intensidad y con valores iguales en control y papa china. Esto podría deberse a ingredientes como yemas de huevo y mantequilla, que contienen

pigmentos naturales propensos a la oxidación (Jadhav et al., 1995). Con el tiempo, estos pigmentos experimentan una reducción en su intensidad y en el color amarillo, especialmente cuando se exponen a la luz natural o artificial, acelerando la degradación de los pigmentos y provocando una reducción de los tonos amarillos (Salazar et al., 2021).

En los días 14 y 21, las muestras de muffin de oca amarilla mantienen un valor superior y se evidencia un incremento. Esto podría atribuirse a que los ingredientes que contienen pigmentos naturales, como los carotenoides, pueden sufrir oxidación con el tiempo, intensificando el color amarillo. Sin embargo, al analizar el control y papa china, se observa que la muestra control presenta un aumento en los índices de color amarillo en comparación con el de papa china. Según Villalobos, González y Ortega (2000) esto podría relacionarse con el mayor contenido de proteína en la muestra control, ya que las interacciones entre ingredientes durante el almacenamiento, como la descomposición de proteínas con el tiempo, pueden influir en el color.

La inestabilidad en el contenido de humedad y temperatura durante el almacenamiento también puede afectar la apariencia de los muffins, incluyendo un aumento de los tonos amarillos. Además, el crecimiento y la actividad microbiana durante el almacenamiento pueden influir en los cambios químicos. Por ende, el pH también se ve alterado por la presencia de microorganismos, lo que implica que, al existir cambios en los niveles de pH durante el almacenamiento, pueden influir en la estabilidad de los pigmentos debido a que algunos exhiben distintos colores en diferentes niveles de pH (Dev et al., 2021).

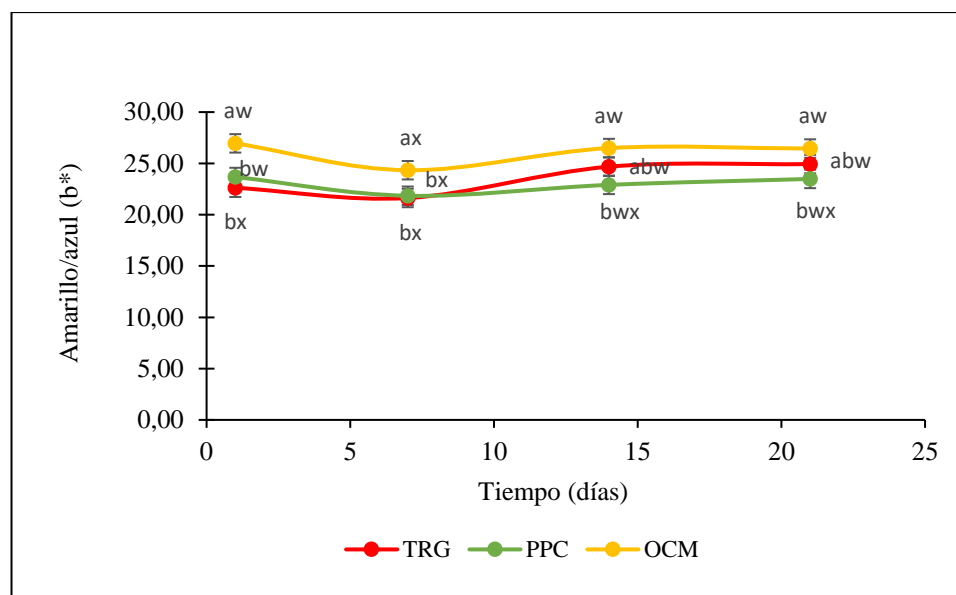


Figura 9. Evolución del parámetro de color amarillo (b^*) de los muffins durante 21 días de almacenamiento. TRG control con 100% harina de trigo, PPC con 100% de harina de papa china y OCM con 100 % de harina oca amarilla. Los resultados son la media de tres mediciones \pm desviación estándar. Letras diferentes (a, b, c) indican diferencias significativas entre tratamientos al mismo tiempo ($p < 0,05$). Letras diferentes (w, x, y) indican que existen diferencias significativas por tratamientos en el tiempo ($p < 0,05$).

3.3. Análisis sensorial

Los resultados de los parámetros sensoriales se presentan en la Figura 10. Los resultados muestran que los muffins elaborados con harinas de tubérculos andinos y el control tuvieron buena aceptabilidad. Al examinar individualmente las muestras, la oca amarilla presentó el valor más alto (63,53 %), seguida por la muestra de papa china con un valor de (62,35 %), mientras que la muestra control exhibió una mayor aceptabilidad con un 75,88 %.

Los resultados revelaron que no existen diferencias significativas entre el muffin de papa china y el de oca amarilla en relación con los parámetros de apariencia, sabor, olor y textura. Sin embargo, en cuanto al color, se observó una mayor aceptación para el muffin de papa china. En lo que respecta al aspecto visual (apariencia), los resultados generales indicaron un porcentaje de aceptación del 75,1 %. Al analizar los resultados de manera individual, se definió que el muffin control obtuvo un valor del 91,765 % en relación con la apariencia, clasificado como "me gusta mucho".

A continuación, la papa china con un valor del 74,12 %, cercano a 4 y categorizado como "me gusta". Sin embargo, por debajo de estas dos muestras, el muffin de oca amarilla registró un valor del 59,412 %, equivalente a 2,97 en la escala Hedónica, clasificado como "ni me gusta ni me disgusta". Tess, Bhaduri, Ghatak y Navder (2015) aborda las características físicas, texturales y sensoriales de muffins sin gluten preparados con harina de teff (*Eragrostis tef* (ZUCC) Trotter), en su investigación señala que, si existe la posibilidad para elaborar muffins sin gluten, concierne a este tipo de materias primas, señala que se pueden emplear diferentes tipos de harinas, como la de arroz, lo que resulta en muffins sin gluten aceptables. Además, destaca que estas alternativas son más nutritivas debido a su mayor aporte nutricional.

Estos hallazgos coinciden con los resultados presentados en el presente estudio, que muestra una aceptabilidad general del 67,25 % catalogando como aceptable. También, estos resultados se relacionan con la investigación Marak et al. (2022) quien elaboró muffins enriquecidos nutricionalmente con extracto de Roselle Calyx mediante la metodología de superficie de respuesta, y en este estudio las puntuaciones sensoriales otorgadas por los panelistas alcanzaron un rango de 65 a 84 % definiendo como aceptables los muffins elaborados.

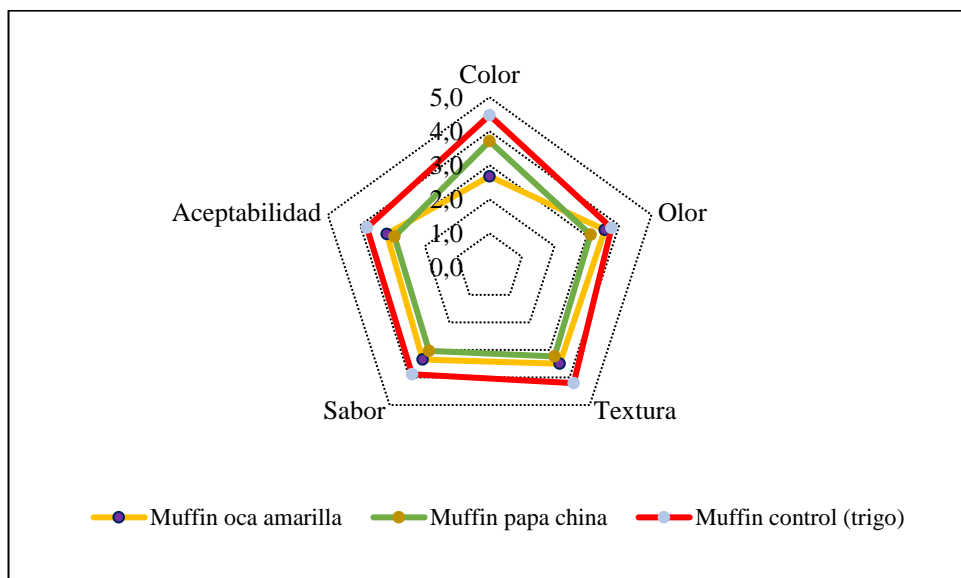


Figura 10. Perfil sensorial de los muffins elaborados con harina de cultivos andinos. Muffin con 100% harina de trigo, muffin con 100 % harina de papa china y muffin con 100 % harina de oca amarilla.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Después de evaluar dos formulaciones que emplean diversas concentraciones de harinas provenientes de cultivos andinos para la elaboración de muffins, se determinó que la concentración óptima para la elaboración de muffins, en este caso para papa china y oca amarilla es con un 65 % en fase líquida y un 35% en fase sólida (harina). Esta relación de componentes permitió obtener los mejores resultados en términos de homogeneización, horneado, dulzor, elevación y formación de alveolos, además, se logró desarrollar muffins estables y esponjosos, presentando resultados similares al muffin control. A su vez, se sugiere que esta formulación puede significativamente mejorar los atributos sensoriales del producto final y podría presentar características funcionales gracias a su alto contenido de proteínas, minerales y fibra, así como la presencia de antocianinas y carotenoides.
- El análisis de las propiedades físico-químicas de los muffins reveló que el muffin de oca amarilla es más ácido, tiene menor actividad de agua, menos humedad, pero más fibra y carbohidratos. Mientras que, el muffin de papa china tiene más humedad, proteínas y cenizas, pero menos grasa y calorías que los muffins control y de oca amarilla. En cuanto a la textura, el muffin de oca amarilla es más firme y adhesivo, mientras que el de papa china es más cohesivo, resistente a la deformación y masticable. La coloración muestra que ambos muffins tienen luminosidad alta, tonalidades rojas en la cromaticidad a^* y tonalidades amarillas en b^* , siendo la oca la más intensa, seguida por la muestra control y la papa china con valores similares.
- La evaluación sensorial de los muffins elaborados utilizando harinas no convencionales de cultivos andinos mostraron una media superior de aceptabilidad de las diferentes muestras. De manera que, no se observaron diferencias significativas entre los muffins de papa china y oca amarilla en relación con los parámetros de apariencia, color, sabor, olor y textura. Sin

embargo, el muffin de oca amarilla obtuvo el nivel más alto de aceptación por parte de los catadores.

4.2.Recomendaciones

- Incorporar en la composición de los muffins un saborizante conocido por los consumidores, con el propósito de aumentar su aceptación y resaltar el sabor de estos productos.
- Se debe realizar el seguimiento microbiológico de los muffins y evaluar la posibilidad de añadir un conservante acorde a las características, propiedades fisicoquímicas y nutricionales de los muffins para extender su vida útil.
- Evaluar la posibilidad de producir los muffins incorporando un relleno de mermelada o un ingrediente similar para mejorar la presentación del producto final.

MATERIAL DE REFERENCIA

Referencias bibliográficas

- Acosta, K., Cavender, G., & Kerr, W. L. (2011). SENSORY AND PHYSICAL PROPERTIES OF MUFFINS MADE WITH WAXY WHOLE WHEAT FLOUR. *Journal of Food Quality*, 34(5), 343–351. <https://doi.org/10.1111/J.1745-4557.2011.00401.X>
- Aina, A. J., Falade, K. O., Akingbala, J. O., & Titus, P. (2009). Physicochemical properties of twenty-one Caribbean sweet potato cultivars. *International Journal of Food Science & Technology*, 44(9), 1696–1704. <https://doi.org/10.1111/J.1365-2621.2009.01941.X>
- Akwee, P. E., Netondo, G., & Palapala, V. A. (2015). A Critical Review of the Role of Taro Colocasia esculenta L. (Schott) to Food Security: A Comparative Analysis of Kenya and Pacific Island Taro Germplasm. <http://erepo.usiu.ac.ke:8080/xmlui/handle/11732/4509>
- Aleman, R. J. S. (2021). *Physicochemical Properties of High Protein Rice Flours and Application in a Cupcake*. Louisiana State University and Agricultural & Mechanical College.
- Apriyanto, A., Compart, J., & Fettke, J. (2022). A review of starch, a unique biopolymer – Structure, metabolism and in planta modifications. *Plant Science*, 318, 111223. <https://doi.org/10.1016/J.PLANTSCI.2022.111223>
- Ayala, G. (2004). Aporte de los cultivos andinos a la nutrición humana. *Seminario, J. et Al.(Edts). Raíces Andinas: Contribuciones Al Conocimiento Ya La Capacitación*, 101–112.
- Badui Dergal, S. (2013). *Química de los alimentos 5ta edicion* (5th ed., Vol. 5).
- Bambang, S. H., Roni, Y., Oviaki, Z., & Listya, P. (2021). Potential of three taro (Colocasia esculenta L.) cultivars as animal feed. *ASEAN Journal on Science and Technology for Development*, 38(3), 5.
- Bangar, S. P., Whiteside, W. S., Singh, A., Özogul, F., Gupta, A., & Gahlawat, S. K. (2022). Properties, preparation methods, and application of sour starches in the food. *Trends in Food Science & Technology*, 121, 44–58.

- Barrera, V., Tapia, C., & Monteros, A. (2004). Caracterización físico-química, nutricional y funcional de raíces y tubérculos andinos. *Raíces y Tubérculos Andinos: Alternativas Para La Conservación y Uso Sostenible En El Ecuador. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, Centro Internacional de La Papa, Agencia Suiza Para El Desarrollo y La Cooperación*, 91–116.
- Belorio, M., & Gómez, M. (2020). Gluten-free muffins versus gluten containing muffins: Ingredients and nutritional differences. *Trends in Food Science & Technology*, 102, 249–253. <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2020.03.015>
- Bonilla Veloz, D., & Asesor, S. (2017). *La innovación de productos alternativos a la harina de trigo a base de harina de arroz y soja para la enfermedad celíaca* [Tesis de grado, Universidad Regional Autónoma de los Andes]. DSpace de Uniandes. <https://dspace.uniandes.edu.ec/handle/123456789/5891>
- Boz, H. (2023). Nε-(carboxymethyl)lysine in bakery products: A review. *Journal of Food Science*, 88(3), 901–908. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.16475>
- Bradshaw, J. E. (2010). *Root and tuber crops* (Vol. 7). Springer Science & Business Media.
- Brito Grandes, B., Espín, S., Villacrés, E., Merino, F., & Soto, L. (2003). *El endulzamiento de la oca (Oxalis tuberosa) una alternativa para la agroindustria rural en el Ecuador*. Boletín de Publicación Miscelánea, 119. Repositorio Digital INIAP. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2703>
- Cachaper, K. F. (2005). *The Effect of Antioxidants on Flaxseed Stability in Yeast Bread*. Virginia Tech.
- Çakir, Ö., Uçarlı, C., Tarhan, Ç., Pekmez, M., & Turgut-Kara, N. (2019). Nutritional and health benefits of legumes and their distinctive genomic properties. *Food Science and Technology*, 39(1), 1–12. <https://doi.org/10.1590/FST.42117>
- Calle, I. de la, Ros, G., Peñalver, R., Nieto, G., Calle, I. de la, Ros, G., Peñalver, R., & Nieto, G. (2020). Enfermedad celíaca: causas, patología y valoración nutricional de la dieta sin gluten. Revisión. *Nutrición Hospitalaria*, 37(5), 1043–1051. <https://doi.org/10.20960/NH.02913>

- Calle, J., Gasparre, N., Benavent-Gil, Y., & Rosell, C. (2021). Aroids as underexplored tubers with potential health benefits. *Advances in Food and Nutrition Research*, 97, 319–359. <https://doi.org/10.1016/BS.AFNR.2021.02.018>
- Calliope, S. R., Lobo, M. O., & Sarmán, N. C. (2018). Biodiversity of Andean potatoes: Morphological, nutritional and functional characterization. *Food Chemistry*, 238, 42–50. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2016.12.074>
- Campos, D., Chirinos, R., Gálvez Ranilla, L., & Pedreschi, R. (2018). Bioactive Potential of Andean Fruits, Seeds, and Tubers. *Advances in Food and Nutrition Research*, 84, 287–343. <https://doi.org/10.1016/BS.AFNR.2017.12.005>
- Campos, D., Noratto, G., Chirinos, R., Arbizu, C., Roca, W., & Cisneros-Zevallos, L. (2006). Antioxidant capacity and secondary metabolites in four species of Andean tuber crops: Native potato (*Solanum* sp.), mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón), Oca (*Oxalis tuberosa* Molina) and ulluco (*Ullucus tuberosus* Caldas). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(10), 1481–1488. <https://doi.org/10.1002/JSFA.2529>
- Cappelli, A., Oliva, N., & Cini, E. (2020). A systematic review of gluten-free dough and bread: Dough rheology, bread characteristics, and improvement strategies. *Applied Sciences*, 10(18), 6559.
- Capriles, V. D., Valéria de Aguiar, E., Garcia dos Santos, F., Fernández, M. E. A., de Melo, B. G., Tagliapietra, B. L., Scarton, M., Clerici, M. T. P. S., & Conti, A. C. (2023). Current status and future prospects of sensory and consumer research approaches to gluten-free bakery and pasta products. *Food Research International*, 173, 113389. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2023.113389>
- Carrera, A., Jara, O., Dávila, P., Ballesteros, F., & Suasnavas, P. (2019). A look at the ergonomic situation of the bakery industry in the city of Quito, Ecuador. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 792, 107–112. https://doi.org/10.1007/978-3-319-94000-7_11
- Castro Hinojosa, G. A. (2022). *Caracterización de la harina de papa china (Colocasia esculenta) para su utilización en la industria de panificación*. <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/4588795>

- Cereda, M. P., & Vilpoux, O. F. (2023). Introduction—overview of research on underground starchy crops of South American origin. *Varieties and Landraces: Cultural Practices and Traditional Uses: Volume 2: Underground Starchy Crops of South American Origin: Production, Processing, Utilization and Economic Perspectives*, 2, 1–18. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90057-7.00012-7>
- Chandrasekara, A., & Josheph Kumar, T. (2016). Roots and Tuber Crops as Functional Foods: A Review on Phytochemical Constituents and Their Potential Health Benefits. *International Journal of Food Science*, 2016. <https://doi.org/10.1155/2016/3631647>
- Channaiah, L. H., Michael, M., Acuff, J. C., Phebus, R. K., Thippareddi, H., Olewnik, M., & Milliken, G. (2017). Validation of the baking process as a kill-step for controlling Salmonella in muffins. *International Journal of Food Microbiology*, 250, 1–6. <https://doi.org/10.1016/J.IJFOODMICRO.2017.03.007>
- Chisenga, S. M., Workneh, T. S., Bultosa, G., & Alimi, B. A. (2019). Progress in research and applications of cassava flour and starch: a review. *Journal of Food Science and Technology*, 56, 2799–2813.
- Choquechambi, L. A., Callisaya, I. R., Ramos, A., Bosque, H., Mújica, A., Jacobsen, S. E., Sørensen, M., & Leidi, E. O. (2019). Assessing the Nutritional Value of Root and Tuber Crops from Bolivia and Peru. *Foods*, 8(11). <https://doi.org/10.3390/FOODS8110526>
- Chuiza Rojas, M. R., Haro Velasteguí, C. V., & Brito Moína, H. L. (2021). Identificación de las variables de proceso óptimas para la producción del almidón de papa china (*Colocasia esculenta*). *Dominio de Las Ciencias, ISSN-e 2477-8818, Vol. 7, N°. 1, 2021 (Ejemplar Dedicado a: ENERO-ABRIL)*, 7(1), 41. <https://doi.org/10.23857/dc.v7i1.1680>
- Cobo Quintana, G. E. (2014). *Sustitución de alimentos de achira (Canna edulis) por una mezcla de almidones de papa (Solanum tuberosum) y yuca (Manihot esculenta) para la elaboración de quesadillas*. Quito.
- Council, N. R. (1989). *Lost crops of the Incas: little-known plants of the Andes with promise for worldwide cultivation*. National Academies Press.

- Escalada Pla, M. F., Silva, N. E., Castellanos-Fuentes, A. P., Molina, D. A., & Genevois, C. E. (2023). Gluten Free Non-Fermented Bakery. In *Designing Gluten Free Bakery and Pasta Products* (pp. 211–237). Springer.
- De La Calle, I., Ros, G., Peñalver, R., & Nieto, G. (2020). *Nutrición Hospitalaria Revisión Enfermedad celiaca: causas, patología y valoración nutricional de la dieta sin gluten. Revisión Celiac disease: causes, pathology, and nutritional assessment of gluten-free diet. A review.* <https://doi.org/10.20960/nh.02913>
- De Souza, E. C., Cordeiro, D. A., Silva, B. S., de Andrade, N., & 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*, 11(2), e58511226012–e58511226012.
- Demiate, I., Bet, C, Ito, V., & Lacerda, L. (2023). Laboratory methods for starch extraction. *Starchy Crops Morphology, Extraction, Properties and Applications*, 165–187. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90058-4.00012-8>
- Dev, M., Ghosh, M., & Bhattacharyya, D. K. (2021). Physico-chemical, antimicrobial, and organoleptic properties of roasted aromatic spice (clove bud) in baked product. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 193, 1813–1835.
- Doportto, M. C., Mugridge, A., García, M. A., & Viña, S. Z. (2011). Pachyrhizus ahipa (Wedd.) Parodi roots and flour: Biochemical and functional characteristics. *Food Chemistry*, 126(4), 1670–1678. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2010.12.053>
- Dutcosky, S. D. (2011). Análisis sensorial de alimentos (3a ed.). Curitiba.
- Elena, L. M. M., Ydilbrando, V. G. M., & Elizabeth, P. F. S. (2011). Composición química de “oca”(Oxalis tuberosa), „arracacha“(Arracaccia xanthorriza) y „tarwi“(Lupinus mutabilis). Formulación de una mezcla base para productos alimenticios. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 2(2), 239–252.
- Escudero, E., & González, P. (2006). La fibra dietética. *Nutrición Hospitalaria*, 21, 61–72.

- Espín, S., Villacrés, E., & Brito Grandes, B. (2004). *Caracterización físico-química, nutricional y funcional de raíces y tubérculos andinos*.
- Fasano, A. (2014). *Guía clínica para los trastornos asociados con el gluten*. Wolters Kluwer Health. <https://elibro.net/es/lc/uta/titulos/108226>
- Fernández-Ríos, A., Laso, J., Hoehn, D., Amo-Setién, F. J., Abajas-Bustillo, R., Ortego, C., Fullana-i-Palmer, P., Bala, A., Batlle-Bayer, L., Balcells, M., Puig, R., Aldaco, R., & Margallo, M. (2022). A critical review of superfoods from a holistic nutritional and environmental approach. *Journal of Cleaner Production*, 379, 134491. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2022.134491>
- Ferrero, C., Ribotta, P. D., & Lamballerie, M. (2009). Desarrollo de masas precocidas libres de gluten aptas para congelación. *III Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de Los Alimentos-CICyTAC (Córdoba, 15 Al 17 de Abril de 2009)*.
- Fizman, S., Sanz, T., & Salvador, A. (2013). Instrumental assessment of the sensory quality of baked goods. *Instrumental Assessment of Food Sensory Quality: A Practical Guide*, 374–402. <https://doi.org/10.1533/9780857098856.3.374>
- Flambeau, M., Redl, A., & Respondek, F. (2017). Proteins From Wheat: Sustainable Production and New Developments in Nutrition-Based and Functional Applications. *Sustainable Protein Sources*, 67–78. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802778-3.00004-4>
- Flores, H., Walker, T., Guimarães, R., Bais, H., & Vivanco, J. (2003). Andean root and tuber crops: Underground rainbows. *HortScience*, 38(2), 161–167. <https://doi.org/10.21273/hortsci.38.2.161>
- Gagnon-Légaré, A. (2008). *Implementación del convenio sobre la diversidad biológica del nivel global al nivel infra-nacional: estudio de casos en el Ecuador*. Université Laval.
- Gallegos-Riofrío, C. A., Waters, W. F., Carrasco, A., Riofrío, L. A., Pintag, M., Caranqui, M., Caranqui, J., Blackdeer, A. A., & Iannotti, L. L. (2021). Caliata: An Indigenous Community in Ecuador Offers Lessons on Food Sovereignty and

- Sustainable Diets. *Current Developments in Nutrition*, 5, 61–73. <https://doi.org/10.1093/CDN/NZAB009>
- Gao, J., Koh, A., & Zhou, W. (2022). Enhancing health benefits of bakery products using phytochemicals. *Advances in Food and Nutrition Research*, 99, 239–281. <https://doi.org/10.1016/BS.AFNR.2021.12.002>
- García Ibarra, V., Sendón, R., & Rodríguez-Bernaldo De Quirós, A. (2016). Antimicrobial Food Packaging Based on Biodegradable Materials. *Antimicrobial Food Packaging*, 363–384. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800723-5.00029-2>
- Gökmen, V., Açar, Ö. Ç., Serpen, A., & Morales, F. J. (2008). Effect of leavening agents and sugars on the formation of hydroxymethylfurfural in cookies during baking. *European Food Research and Technology*, 226(5), 1031–1037. <https://doi.org/10.1007/s00217-007-0628-6>
- González-Orozco, C., & Porcel, M. (2021). Two centuries of changes in Andean crop distribution. *Journal of Biogeography*, 48(8), 1972–1980. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/jbi.14126>
- Gunsalus, I. C., & Niven, C. F. (1942). THE EFFECT OF pH ON THE LACTIC ACID FERMENTATION. *Journal of Biological Chemistry*, 145(1), 131–136. [https://doi.org/10.1016/S0021-9258\(18\)45011-9](https://doi.org/10.1016/S0021-9258(18)45011-9)
- Harastani, R., James, L., Ghosh, S., Rosenthal, A., & Woolley, E. (2021). Reformulation of Muffins Using Inulin and Green Banana Flour: Physical, Sensory, Nutritional and Shelf-Life Properties. *Foods*, 10, 1883. <https://doi.org/10.3390/foods10081883>
- Haros, C. M., Repo-Carrasco-Valencia, R., Basilio-Atencio, J., Luna-Mercado, G. I., Pilco-Quesada, S., Vidaurre-Ruiz, J., & Molina, L. (2022). Andean Ancient Grains: Nutritional Value and Novel Uses. *Biology and Life Sciences Forum 2021, Vol. 8, Page 15*, 8(1), 15. <https://doi.org/10.3390/BLSF2021008015>
- Heo, Y., Kim, M. J., Lee, J. W., & Moon, B. K. (2019). Muffins enriched with dietary fiber from kimchi by-product: Baking properties, physical–chemical properties, and consumer acceptance. *Food Science and Nutrition*, 7(5), 1778–1785.

<https://doi.org/10.1002/FSN3.1020>

Hermann, M. (1997). *Andean roots and tubers: ahipa, arracacha, maca and yacon* (Vol. 21). International Potato Center.

INEN (2015). *Mezclas alimenticias. Requisitos*. Quito Retrieved from http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/01/n-te_inen_3084.pdf

ISO 18747. (2017). Foodstuffs -Determination of water activity

Izquierdo, J. (2000). Biotechnology Can Help Crop Production to Feed an Increasing World Population-Positive and Negative Aspects Need to be Balanced: A Perspective from FAO. *Developments in Plant Genetics and Breeding*, 5(C), 13–26. [https://doi.org/10.1016/S0168-7972\(00\)80004-3](https://doi.org/10.1016/S0168-7972(00)80004-3)

Jacobsen, S. E., Sørensen, M., Pedersen, S. M., & Weiner, J. (2013). Feeding the world: Genetically modified crops versus agricultural biodiversity. *Agronomy for Sustainable Development*, 33(4), 651–662. <https://doi.org/10.1007/S13593-013-0138-9/METRICS>

Jacobsen, S., Mujica, A., & Ortiz, R. (2003). La Importancia de los Cultivos Andinos. *Fermentum. Revista Venezolana de Sociología y Antropología*, 13(36), 14–24. <https://www.redalyc.org/pdf/705/70503603.pdf>

Jadhav, S. J., Nimbalkar, S. S., Kulkarni, A. D., & Madhavi, D. L. (1995). Lipid oxidation in biological and food systems. In *Food antioxidants* (pp. 19–78). CRC Press.

Lara Rubio, S., & Arabella Molano Agudelo, J. (2004). *Elaboración de una harina nutricional a partir de papachina (Xanthosoma SSP) dirigida a la zona pacifico sur colombiano*. https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_alimentos

Kaur, R., & Kaur, M. (2018). Microstructural, physicochemical, antioxidant, textural and quality characteristics of wheat muffins as influenced by partial replacement with ground flaxseed. *LWT*, 91, 278–285. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2018.01.059>

Khalifa, I., Barakat, H., El-Mansy, H. A., & Soliman, S. A. (2015). Physico-Chemical,

- Organolytical and Microbiological Characteristics of Substituted Cupcake by Potato Processing Residues. *Food and Nutrition Sciences*, 06(01), 83–100. <https://doi.org/10.4236/FNS.2015.61010>
- Koehler, P., Wieser, H., Konitzer, K., Koehler, P., Wieser, H., & Konitzer, K. (2014). Chapter 4 – Gluten-Free Products. *Celiac Disease and Gluten*, 173–223. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-420220-7.00004-3>
- Kreike, C. M., Van Eck, H. J., & Lebot, V. (2004). Genetic diversity of taro, *Colocasia esculenta* (L.) Schott, in Southeast Asia and the Pacific. *Theoretical and Applied Genetics*, 109, 761–768.
- Kumar, L. R. G., Sanath Kumar, H., Tejpal, C. S., Anas, K. K., Nayak, B. B., Sarika, K., Greeshma, S. S., Chatterjee, N. S., Mathew, S., & Ravishankar, C. N. (2021b). Exploring the physical and quality attributes of muffins incorporated with microencapsulated squalene as a functional food additive. *Journal of Food Science and Technology*, 58(12), 4674. <https://doi.org/10.1007/S13197-020-04955-9>
- Kurek, M., Moczowska-Wyrwisz, M., Wyrwisz, J., & Karp, S. (2021). Development of gluten-free muffins with β -glucan and pomegranate powder using response surface methodology. *Foods*, 10(11). <https://doi.org/10.3390/foods10112551>
- Lamdande, A. G., Khabeer, S. T., Kulathooran, R., & Dasappa, I. (2018). Effect of replacement of sugar with jaggery on pasting properties of wheat flour, physico-sensory and storage characteristics of muffins. *Journal of Food Science and Technology*, 55, 3144–3153.
- Legesse, T., & Bekele, T. (2021). Evaluation of improved taro (*Colocasia esculenta*(L.) Schott) genotypes on growth and yield performance in North-Bench woreda of Bench-Sheko zone, South-Western Ethiopia. *Heliyon*, 7(12). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08630>
- Leidi, E. O., Altamirano, A. M., Mercado, G., Rodriguez, J. P., Ramos, A., Alandia, G., Sørensen, M., & Jacobsen, S. E. (2018). Andean roots and tubers crops as sources of functional foods. *Journal of Functional Foods*, 51, 86–93. <https://doi.org/10.1016/J.JFF.2018.10.007>

- Lema Muñoz, S. (2022). *El consumo de oca en la soberanía alimentaria en el Cantón Otavalo en la comunidad de Agato, durante el periodo 2021* [Tesis de grado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. Repositorio PUCE. <http://repositorio.puce.edu.ec:80/handle/22000/20339>
- Luziatelli, G., Alandía, G., Rodríguez, J. P., Manrique, I., Jacobsen, S. E., & Sørensen, M. (2023). Ethnobotany of Andean root crops: tradition and innovation—Arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancr.), Yacón (*Smallanthus sonchifolius* (Poepp.) H. Rob.), Mauka (*Mirabilis expansa* (Ruíz & Pav.) Standl.), Ahipa (*Pachyrhizus ahipa* Parodi), Maca (*Lepidium meyenii* Walp.), Achira (*Canna indica* L.). *Varieties and Landraces: Cultural Practices and Traditional Uses: Volume 2: Underground Starchy Crops of South American Origin: Production, Processing, Utilization and Economic Perspectives*, 2, 101–134. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90057-7.00013-9>
- Luziatelli, G., Sørensen, M., & Jacobsen, S. E. (2020). Current uses of Andean Roots and Tuber Crops in South American gourmet restaurants. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 22, 100270. <https://doi.org/10.1016/J.IJGFS.2020.100270>
- Madrigal-Ambriz, L. V., Hernández-Madrigal, J. V., Carranco- Jáuregui, M. E., Calvo-Carrillo, M. de la C., & Casas-Rosado, R. de G. (2018). Caracterización física y nutricional de harina del tubérculo de “Malanga” (*Colocasia esculenta* L. Schott) de Actopan, Veracruz, México. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 68(2), 175–183. <https://doi.org/10.37527/2018.68.2.008>
- Maga, J. A. (1992). Taro: Composition and Food Uses. *Food Reviews International*, 8(3), 443–473. <https://doi.org/10.1080/87559129209540948>
- Makroo, H. A., Naqash, S., Saxena, J., Sharma, S., Majid, D., & Dar, B. N. (2021). Recovery and characteristics of starches from unconventional sources and their potential applications: A review. *Applied Food Research*, 1(1), 100001. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.afres.2021.100001>
- Manrique, I. (2007). Indigenous Andean Root and Tuber Crops: new sources of food for the new millennium. *Chronica Horticulturae*, 47(4), 13–19. https://www.researchgate.net/publication/282294137_Indigenous_Andean_Root

and Tuber Crops new sources of food for the new millennium

- Marak, S., Kaushik, N., Dikiy, A., Shumilina, E., & Falch, E. (2022). Nutritionally Enriched Muffins from Roselle Calyx Extract Using Response Surface Methodology. *Foods*, *11*(24), 3982. <https://doi.org/10.3390/FOODS11243982/S1>
- Martínez Contreras, K. G. (2015). *Evaluación de diferentes variedades de oxalis tuberosa (OCA) para la obtención de harina con fines industriales* [Tesis de pregrado]. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Martínez-Castaño, M., Lopera-Idarraga, J., Pazmiño-Arteaga, J., & Gallardo-Cabrera, C. (2020). Evaluation of the behaviour of unripe banana flour with non-conventional flours in the production of gluten-free bread. *Food Science and Technology International*, *26*(2), 160–172.
- Martínez González, E., Muñiz Márquez, D. B., Lárraga Altamirano, H. R., & Wong Paz, J. E. (2018). Análisis de espacio de color CIELAB de piloncillo elaborado en la Huasteca Potosina. *TECTZAPIC Revista de Divulgación Científica y Tecnológica*, mayo.
- Martínez, E., Quezada Correa, Lady, Contreras, O., & Valarezo, H. (2019). *Efecto de la sustitución de harina de trigo por harina de papa china (Colocasia esculenta) sobre las propiedades reológicas de la masa y sensoriales de galletas dulces*. 27, 49–63.
- Mayes, S., Massawe, F. J., Alderson, P. G., Roberts, J. A., Azam-Ali, S. N., & Hermann, M. (2012). The potential for underutilized crops to improve security of food production. *Journal of Experimental Botany*, *63*(3), 1075–1079. <https://doi.org/10.1093/JXB/ERR396>
- Medve, R. J., & Medve, M. L. (2010). *Edible wild plants of Pennsylvania and neighboring states*. Penn State Press.
- Mejía Lotero, F. M., Salcedo Gil, J. E., Vargas Londoño, S., Serna Jiménez, J. A., Torres Valenzuela, L. S. (2018). Capacidad antioxidante y antimicrobiana de tubérculos andinos (*Tropaeolum tuberosum* y *Ullucus tuberosus*). *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, *21*(2).

<https://doi.org/10.31910/RUDCA.V21.N2.2018.1083>

- Mogrovejo, A. (2019). Determinación de la influencia de dos métodos distintos en la obtención de almidón a partir de la oca (*Oxalis tuberosa* Molina) variedad amarilla. [Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/17712>
- Mohd-Zaki, Z., Bastidas-Oyanedel, J. R., Lu, Y., Hoelzle, R., Pratt, S., Slater, F. R., & Batstone, D. J. (2016). Influence of pH Regulation Mode in Glucose Fermentation on Product Selection and Process Stability. *Microorganisms*, 4(1). <https://doi.org/10.3390/MICROORGANISMS4010002>
- Mordor, I. (2022). *Informe de mercado de pasteles | Tamaño, participación, crecimiento y tendencias (2023-28)*. <https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/cakes-market>
- Nabeshima, E. H., Moro, T. M. A., Campelo, P. H., Sant'Ana, A. S., & Clerici, M. T. P. S. (2020). Tubers and roots as a source of prebiotic fibers. In *Advances in Food and Nutrition Research* (Vol. 94, pp. 267–293). Elsevier.
- Naithani, H., & Koch, K. (2014). Colocasia esculenta. Edible Medicinal and Non Medicinal Plants: Volume 9, Modified Stems, Roots and Bulbs.
- Naudé, T. W., & Naidoo, V. (2007). Oxalates-containing plants. *Veterinary Toxicology: Basic and Clinical Principles*, 880–891. <https://doi.org/10.1016/B978-012370467-2/50166-8>
- Njintang, N., Mbofung, C., Balaam, F., Kitissou, P., & Scher, J. (2008). Effect of taro (*Colocasia esculenta*) flour addition on the functional and alveographic properties of wheat flour and dough. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88(2), 273–279. <https://doi.org/10.1002/JSFA.3085>
- Noonan, S. C. (1999). Oxalate content of foods and its effect on humans. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 8(1), 64–74. <https://doi.org/10.1046/J.1440-6047.1999.00038.X>
- Odely Cintya, Z. R. (2019). *Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo (Triticum aestivium) por harina de tarwi (Lupinus mutabilis sweet) en las*

propiedades físicoquímicos y sensoriales de cupcakes.

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).

Ogbole, O. O., Akin-Ajani, O. D., Ajala, T. O., Ogunniyi, Q. A., Fettke, J., & Odeku, O. A. (2023). Nutritional and pharmacological potentials of orphan legumes: Subfamily faboideae. *Heliyon*, 9(4), e15493. <https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2023.E15493>

O’Hair, S. K., & Maynard, D. N. (2003). VEGETABLES OF TROPICAL CLIMATES | Root Crops of Uplands. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*, 5962–5965. <https://doi.org/10.1016/B0-12-227055-X/01243-8>

Olaya Vañó, L. (2016). Relación textura-percepción sensorial en bizcochos bajos en grasa elaborados con distintos tipos de fibra. <https://riunet.upv.es/handle/10251/67459>

Ore Areche, F., Aguirre Huayhua, L., & Ticsihua Huaman, J. (2020). Effect of time and temperature on the dehydration of oca (*Oxalis tuberosa* Mol.) Through fluidized bed for the obtaining of flour. *Alfa Revista de Investigación En Ciencias Agronómicas y Veterinaria*, 4(12), 200–210. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v4i12.84>

Ospina Meneses, S. M., & Cartagena Valenzuela, J. R. (2008). La atmósfera modificada: una alternativa para la conservación de los alimentos. *Revista Lasallista de Investigación*, 5(2), 112–123.

Ouma, F. O., Muriithi, A. N., & Anyango, J. O. (2022). Nutritional composition and sensory Properties of wheat muffins enriched with *Gonimbrasia zambesina*, walker caterpillar flour. *International Journal of Tropical Insect Science*, 42(4), 3097. <https://doi.org/10.1007/S42690-022-00848-W>

Öztürk, S., & Mutlu, S. (2019). Physicochemical Properties, Modifications, and Applications of Resistant Starches. *Starches for Food Application: Chemical, Technological and Health Properties*, 297–332. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809440-2.00008-3>

- Padmaja, G. (2009). Uses and nutritional data of sweetpotato. In *The sweetpotato* (pp. 189–234). Springer.
- Padulosi, S., Amaya, K., Jäger, M., Gotor, E., Rojas, W., & Valdivia, R. (2014). A Holistic Approach to Enhance the Use of Neglected and Underutilized Species: The Case of Andean Grains in Bolivia and Peru. *Sustainability* 2014, Vol. 6, Pages 1283-1312, 6(3), 1283–1312. <https://doi.org/10.3390/SU6031283>
- Palacio, M. I., Etcheverría, A. I., & Manrique, G. D. (2018). Development of gluten-free muffins utilizing squash seed dietary fiber. *Journal of Food Science and Technology*, 55(8), 2955. <https://doi.org/10.1007/S13197-018-3213-Z>
- Parada Gómez, Á., Cárdenas, J., Artavia-Jiménez, M., & Vindas, S. (2018). Seguridad Alimentaria y Nutricional: una mirada retrospectiva. *Revista Iberoamericana de Viticultura, Agroindustria y Ruralidad*, 5(15), 1–21. <https://www.redalyc.org/journal/4695/469565683001/html/>
- Patel, A., & Singh, J. (2023). Taro (*Colocasia esculenta* L): Review on Its botany, morphology, ethno medical uses, Phytochemistry and pharmacological activities.
- Paucar-Menacho, L. M., Salvador-Reyes, R., Guillén-Sánchez, J., & Mori-Arismendi, S. (2016). Efecto de la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de soya en las características tecnológicas y sensoriales de cupcakes destinados a niños en edad escolar. *Scientia Agropecuária*, 7(2), 121–132.
- Penelitan, H., Purnomo, E. H., Sitanggang, A. B., Agustin, D. S., Hariyadi, P., & Hartono, S. (2012). FORMULATION AND PROCESS OPTIMIZATION OF MUFFIN PRODUCED FROM COMPOSITE FLOUR OF CORN, WHEAT AND SWEET POTATO [Formulasi dan Optimasi Proses Produksi Mufin dari Tepung Komposit Jagung, Gandum dan Ubi Jalar]. *Jurnal Teknologi Dan Industri Pangan*, 23(2), 165–165. <https://doi.org/10.6066/JTIP.2012.23.2.165>
- Pereira, P. R., Mattos, É. B. de A., Corrêa, A. C. N. T. F., Vericimo, M. A., & Paschoalin, V. M. F. (2021). Anticancer and Immunomodulatory Benefits of Taro (*Colocasia esculenta*) Corms, an Underexploited Tuber Crop. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(1), 1–33. <https://doi.org/10.3390/IJMS22010265>

- Pérez-Balladares, D., Castañeda-Terán, M., Granda-Albuja, M. G., Tejera, E., Iturralde, G., Granda-Albuja, S., Jaramillo-Vivanco, T., Giampieri, F., Battino, M., & Alvarez-Suarez, J. M. (2019). Chemical composition and antioxidant activity of the main fruits, tubers and legumes traditionally consumed in the Andean regions of Ecuador as a source of health-promoting compounds. *Plant Foods for Human Nutrition*, *74*, 350–357.
- Pissard, A., Rojas-Beltran, J. A., Faux, A.-M., Paulet, S., & Bertin, P. (2008). Evidence of intra-varietal genetic variability in the vegetatively propagated crop oca (*Oxalis tuberosa* Mol.) in the Andean traditional farming system. *Plant Systematics and Evolution*, *270*, 59–74.
- Pizzorno, J. E., Murray, M. T., & Joiner-Bey, H. (2016). Hair loss in women. *The Clinician's Handbook of Natural Medicine*, 355–360. <https://doi.org/10.1016/B978-0-7020-5514-0.00041-5>
- Polo, A., Arora, K., Ameer, H., Di Cagno, R., De Angelis, M., & Gobbetti, M. (2020). Gluten-free diet and gut microbiome. *Journal of Cereal Science*, *95*, 103058. <https://doi.org/10.1016/J.JCS.2020.103058>
- Prado, W. (2020). *Pseudocereales Andinos: Valor Nutritivo Y Aplicaciones Para Alimentos Libres De Gluten*. 28. [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/151184/Huamanchumo - Pseudocereales andinos: valor nutritivo y aplicaciones para alimentos libres de glu...pdf?sequence=1](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/151184/Huamanchumo-Pseudocereales-andinos-valor-nutritivo-y-aplicaciones-para-alimentos-libres-de-glu...pdf?sequence=1)
- Prajapati, R., Kalariya, M., Umbarkar, R., Parmar, S., & Sheth, N. (2011). Colocasia esculenta: A potent indigenous plant. *International Journal of Nutrition, Pharmacology, Neurological Diseases*, *1*(2), 90. <https://doi.org/10.4103/2231-0738.84188>
- Púa, A., Barreto, G., Zuleta, J., Herrera, O., Púa, A., Barreto, G., Zuleta, J., & Herrera, O. (2019). Análisis de Nutrientes de la Raíz de la Malanga (*Colocasia esculenta* Schott) en el Trópico Seco de Colombia. *Información Tecnológica*, *30*(4), 69–76. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000400069>
- Quirós-Villegas, D., Estévez-Martínez, I., Perales-García, A., & Urrialde, R. (2017).

Evolución de la información y comunicación nutricional en los alimentos y bebidas en los últimos 50 años. *Nutrición Hospitalaria*, 34, 19–25.

Repo-Carrasco, R., Espinoza, C., & Jacobsen, S. E. (2003). Nutritional Value and Use of the Andean Crops Quinoa (*Chenopodium quinoa*) and Kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*). *Food Reviews International*, 19(1–2), 179–189. <https://doi.org/10.1081/FRI-120018884>

Roca, W. M., Ynouye, C., Manrique, I., Arbizu, C., & Gomez, R. (2007). Indigenous andean root and tuber crops: New foods for the new millennium. *Chronica Horticulturae*, 47(4), 13–19.

Romero, A., Herrera, B., Moposita, D., Palacios, D., Nuñez, D., Ramón, R., & Bayas, F. (2019). Compositional Analysis Of Malanga (*Xanthosoma Sagittifolium*), Chinese Potato (*Colocasia Esculenta*), And Potato (*Solanum Tuberosum*) For The Utilization In The Snack's Elaboration By Conventional Fried. *Revista Bionatura*, 4(4), 983–985.

Sáenz Aguirre, Á. (2022). *PRODUCCIÓN DE UN BIOMATERIAL A PARTIR DE LA PAPA CHINA (Colocasia esculenta) PARA EL EMBALAJE DE ALIMENTOS*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.32042.29121>

Sahin, A. W., Zannini, E., Coffey, A., & Arendt, E. K. (2019). Sugar reduction in bakery products: Current strategies and sourdough technology as a potential novel approach. *Food Research International*, 126, 108583. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2019.108583>

Salazar, D., Arancibia, M., Ocaña, I., Rodríguez-Maecker, R., Bedón, M., López-Caballero, M. E., & Montero, M. P. (2021). Characterization and technological potential of underutilized ancestral andean crop flours from ecuador. *Agronomy*, 11(9). <https://doi.org/10.3390/AGRONOMY11091693>

Salvador, A., & Fiszman, S. (2013). Performance of resistant starches in baking: a case study on fibre-rich and wholegrain muffins. *Fibre-Rich and Wholegrain Foods: Improving Quality*, 236–255. <https://doi.org/10.1533/9780857095787.3.236>

Samaniego Vaesken, L. (2012). *Valoración de la fortificación con ácido fólico en España: base de datos de composición de alimentos fortificados, análisis de*

ácido fólico y folatos, y estimación de su contribución a la ingestas de referencia.

Sánchez Aceves, L. (2014). *Inclusión de proteína de chícharo en el desarrollo de alimentos funcionales de panificación (pan de caja).*

Sánchez González, D. (2016). *Impacto de la fortificación con vitaminas del Complejo B (tiamina B1, riboflavina B2, nicotinamida B3, ácido fólico B9) en harinas de trigo y alimentos derivados.* Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.

Sangkitkit, C., Savage, G. P., Martin, R. J., Searle, B. P., & Mason, S. L. (2000). Sensory evaluation of new lines of oca (*Oxalis tuberosa*) grown in New Zealand. *Food Quality and Preference*, 11(3), 189–199. [https://doi.org/10.1016/S0950-3293\(99\)00050-](https://doi.org/10.1016/S0950-3293(99)00050-)

Santillán, L. B., Moreno, M. J. P., Martínez-Monzó, J., & García-Segovia, P. (2016). Propiedades funcionales de tubérculos nativos de la región andina de Chimborazo (Ecuador): una revisión. *Rev. Esp. Nutr. Comunitaria*, 22(4), 0–0. <https://doi.org/10.14642/RENC.2016.22.4.5155>

Scarton, M., Nascimento, G. C., Felisberto, M. H. F., Moro, T. de M. A., Behrens, J. H., Barbin, D. F., & Clerici, M. T. P. S. (2021). Muffin with pumpkin flour: technological, sensory and nutritional quality. *Brazilian Journal of Food Technology*, 24.

Schumacher, A. B., Brandelli, A., Macedo, F. C., Pieta, L., Klug, T. V., & De Jong, E. V. (2010). Chemical and sensory evaluation of dark chocolate with addition of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Journal of Food Science and Technology*, 47(2), 202–206. <https://doi.org/10.1007/S13197-010-0029-X>

Silva, D. (2019). *Aprovechamiento de cultivos andinos tradicionales infrautilizados para el desarrollo de un producto de pastelería tipo muffin* [Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio Universidad Técnica de Ambato. <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/29413>

Smith, J. P., Daifas, D. P., El-Khoury, W., Koukoutsis, J., & El-Khoury, A. (2004). Shelf life and safety concerns of bakery products—a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 44(1), 19–55.

- Sopotenska, I., & Chonova, V. (2018). *Application of chickpea and chestnut flour in the production of gluten-free cookies and muffins.*
- Soto-Maldonado, C., Concha-Olmos, J., & Zúñiga-Hansen, M. E. (2020). The effect of enzymatically treated ripe banana flour on the sensory quality and glycemic response of banana-wheat flour composite muffins. *Journal of Food Science and Technology*, 57(10), 3621–3627. <https://doi.org/10.1007/S13197-020-04394-6>
- Tablante, E. C., Pachón, H., Guetterman, H. M., & Finkelstein, J. L. (2019). Fortification of wheat and maize flour with folic acid for population health outcomes. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2019(7). <https://doi.org/10.1002/14651858.CD012150.PUB2/FULL/ES>
- Tess, M., Bhaduri, S., Ghatak, R., & Navder, K. P. (2015). Physical, textural and sensory characteristics of gluten free muffins prepared with teff flour (eragrostistef (ZUCC) trotter). *Journal of Food Processing and Technology*, 6(9).
- Tituaña, A. (2019). *Plan De Marketing Para Panadería y Pastelería Alexis Ubicada En Colinas Del Norte, DM De Quito.* [Tesis de grado, Universidad Tecnológica Israel]. Repositorio Digital Universidad Israel. <http://repositorio.uisrael.edu.ec/handle/47000/2037>
- Ureta, M. M., Olivera, D. F., & Salvadori, V. O. (2014). Baking of muffins: Kinetics of crust color development and optimal baking time. *Food and Bioprocess Technology*, 7, 3208–3216.
- Valcárcel-Yamani, B., Rondán-Sanabria, G. G., & Finardi-Filho, F. (2013). The physical, chemical and functional characterization of starches from Andean tubers: Oca (*Oxalis tuberosa* Molina), olluco (*Ullucus tuberosus* Caldas) and mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón). *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 49, 453–464.
- Vera, N. G., Espino, S. O., & Hernandez, H. M. H. (2018). Use of *Oxalis tuberosa* in Gluten-free Baked Goods Manufacture. *Alternative and Replacement Foods*, 17, 167–175. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811446-9.00006-X>
- Vidaurre-Ruiz, J., Vargas, R. J. Y., Alcázar-Alay, S., Encina-Zelada, C. R., Cabezas, D. M., Correa, M. J., & Repo-Carrasco-Valencia, R. (2022). Andean crops:

- kañiwa and tarwi flours used for the development of vegan gluten-free muffins. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 102(15), 7282–7292. <https://doi.org/10.1002/JSFA.12094>
- Vidaurre-Ruiz, J., Salas-Valerio, F., Schoenlechner, R., & Repo-Carrasco-Valencia, R. (2021). Rheological and textural properties of gluten-free doughs made from Andean grains. *International Journal of Food Science & Technology*, 56(1), 468–479. <https://doi.org/10.1111/IJFS.14662>
- Villacres, E., Pomboza, P., Valle, M., Lalaleo, L., & Vargas, H. (2018). The effect of sunlight on the content of thiocyanates, sugars and starches in accessions of *tropaeolum tuberosum* ruíz & pavón. *Italian Journal of Food Science*, 126–135.
- Villalobos, C., González, E., & Ortega, J. A. (2000). Técnicas para estimar la degradación de proteína y materia orgánica en el rumen y su importancia en rumiantes en pastoreo. *Técnica Pecuaria En México*, 38(2), 119–134.
- Wieser, H. (2007). Chemistry of gluten proteins. *Food Microbiology*, 24(2), 115–119. <https://doi.org/10.1016/J.FM.2006.07.004>
- Winn, Z. J., Larkin, D. L., Murry, J. T., Moon, D. E., & Mason, R. E. (2021). Phenotyping Anther Extrusion of Wheat Using Image Analysis. *Agronomy*, 11(6). doi:10.3390/agronomy11061244
- Zambrano, F., Hikage, A., Ormenese, R. D. C. C., Thiu, G., Montenegro, F. M., & Rauen-Miguel, A. M. (2005). Efeito das gomas guar e xantana em bolos como substitutos de gordura. *Brazilian Journal of Food Technology*, 8(1), 63–71.
- Zhang, E., Shen, W., Jiang, W., Li, W., Wan, X., Yu, X., & Xiong, F. (2023). Research progress on the bulb expansion and starch enrichment in taro (*Colocasia esculenta* (L). Schott). *PeerJ*, 11, e15400. <https://doi.org/10.7717/peerj.15400>

Anexos

Anexo 1. Obtención y elaboración de harina de oca amarilla y papa china.



Anexo 2. Elaboración de los muffins de harina de oca amarilla, papa china y control (Trigo).



Anexo 3. Análisis de textura, colorimetría, actividad de agua y humedad de los muffins control (Trigo), oca amarilla y papa china respectivamente.



Anexo 4. Análisis de pH, acidez, proteína y grasa de los muffins control (Trigo), oca amarilla y papa china respectivamente.



Anexo 5. Análisis de fibra dietética total, cenizas y tamaño de alveolo de los muffins control (Trigo), oca amarilla y papa china respectivamente.



Anexo 6. Análisis sensorial de los muffins control (Trigo), oca amarilla y papa china respectivamente.



Anexo 7. Resultados LACONAL del muffin muestra (control trigo).



LACONAL
LABORATORIO DE CONTROL
Y ANÁLISIS DE ALIMENTOS

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

01173



SERVICIO DE ACREDITACIÓN ECUATORIANO
Acreditación N° SAE LEN 10-008
LABORATORIO DE ENSAYOS

CERTIFICADO DE ANALISIS DE LABORATORIO

Certificado No:23-211		R01-7.8.03				
Solicitud N°: 23-211		Pág.: 1 de 1				
Fecha recepción:	23 de octubre de 2023	Fecha de ejecución de ensayos: 24 al 27 de octubre de 2023				
Información del cliente:						
Empresa:	C.I./RUC: 1850177773					
Representante:	Jéssica Cruz; Estefania Alvarado; Marjorie Galora; Sharon López y Gabriel Miguez.	TIF: 0987569078				
Dirección:	Ambato	Email: jcruz7773@uta.edu.ec				
Ciudad:	Ambato					
Descripción de las muestras:						
Producto:	Muffin de Trigo	Peso: 205g				
Marca comercial:	n/a	Tipo de envase: envase de aluminio				
Lote:	n/a	No de muestras: una				
F. Elb.:	n/a	F. Exp.: n/a				
Conservación:	Ambiente: X Refrigeración: Congelación:	Almac. en Lab: 30 días				
Cierres seguridad:	Ninguno: X Intactos: Rotos:	Muestreo por el cliente: 22 de octubre de 2023				
RESULTADOS OBTENIDOS						
Muestras	Código del laboratorio	Código cliente	Ensayos solicitados/ Técnica	Métodos utilizados	Unidades	Resultados
Muffin de Trigo	21123418	Control	Proteína, Kjeldhal	AOAC Ed. 22, 2023 2001.11	%(Nx6,25)	12,8
			Grasa, Gravimetría	AOAC Ed. 22, 2023 2003.06	%	9,65
			*Fibra dietética total, Gravimétrico-Enzimática	AOAC 985.29. Ed. 22, 2023	%	6,62

Anexo 8. Resultados LACONAL del muffin de oca amarilla.



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

01175

"Laboratorio de Ensayo Acreditado por el SAE con acreditación N°: SAE LEN 10-008"

CERTIFICADO DE ANALISIS DE LABORATORIO

Certificado No:23-215		R01-7.8.03
Solicitud N°: 23-215		Pág.: 1 de 1
Fecha recepción:	23 de octubre de 2023	Fecha de ejecución de ensayos: 24 al 31 de octubre de 2023
Información del cliente:		
Empresa:		C.I./RUC: 0202187332
Representante:	Gabriel Miguez	Tlf: 0959822476
Dirección:	Ambato	Email: juanmiguez86@gmail.com
Ciudad:	Ambato	
Descripción de las muestras:		
Producto:	Muffin de oca amarilla	Peso: 220g
Marca comercial:	n/a	Tipo de envase: envase de aluminio
Lote:	n/a	No de muestras: una
F. Elb.:	n/a	F. Exp.: n/a
Conservación:	Ambiente: X Refrigeración: Congelación:	Almac. en Lab: 30 días
Cierres seguridad:	Ninguno: X Intactos: Rotos:	Muestreo por el cliente: 22 de octubre de 2023

RESULTADOS OBTENIDOS

Muestras	Código del laboratorio	Código cliente	Ensayos solicitados/ Técnica	Métodos utilizados	Unidades	Resultados
Muffin de Oca amarilla	21523422	Ninguno	*Proteína, Kjeldhal	AOAC Ed. 22, 2023 2001.11	%(Nx6,25)	5,61
			Grasa, Gravimetría	AOAC Ed. 22, 2023 2003.06	%	7,97
			*Fibra dietética total, Gravimétrico-Enzimática	AOAC 985.29 Ed. 22, 2023	%	9,82

Conds. Ambientales: 21,0°C; 47,1%HR

Nota: Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE

Ing. Gladys Risueño
Directora de Calidad

Autorización para transferencia electrónica de resultados: Sí

Fecha de emisión del certificado: 01 de noviembre de 2023

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

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

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



Anexo 9. Resultados LACONAL del muffin de papa china.



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

01174

"Laboratorio de Ensayo Acreditado por el SAE con acreditación N°: SAE LEN 10-008"

CERTIFICADO DE ANALISIS DE LABORATORIO

Certificado No: 23-214						R01-7.8.05
Solicitud N°: 23-214						Pag: 1 de 1
Fecha recepción: 23 de octubre de 2023			Fecha de ejecución de ensayos: 24 al 27 de octubre de 2023			
Información del cliente:						
Empresa:		C.I./RUC:		1850366608		
Representante: Sharon Lopez		TIE:		0984693915		
Dirección: Ambato		Email:		slopez668@uta.edu.ec		
Ciudad: Ambato						
Descripción de las muestras:						
Producto: Muffin de papa china		Peso:		205g		
Marca comercial: n/a		Tipo de envase:		envase de aluminio		
Lote: n/a		No de muestras:		una		
F. Elb: n/a		F. Exp.:		n/a		
Conservación: Ambiente: X Refrigeración: Congelación		Almac. en Lab:		30 días		
Cierres seguridad: Ninguno: X Intactos: Rotos:		Muestreo por el cliente:		22 de octubre de 2023		
RESULTADOS OBTENIDOS						
Muestras	Código del laboratorio	Código cliente	Ensayos solicitados/ Técnica	Métodos utilizados	Unidades	Resultados
Muffin de papa china	21423421	Ninguno	Proteína, Kjeldhal	AOAC 14. 22. 2023 2003.11	%(Nx6,25)	10,3
			*Grasa, Gravimétrico	AOAC 14. 22. 2023 2003.06	%	7,12
			*Fibra dietética total, Gravimétrico-Índica	AOAC 985.29. Ed. 22. 2023	%	7,35
Conds. Ambientales: 21.0°C; 53.0%HR						
Nota: Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.						
 Ing. Gladys Risueño Directora de Calidad						
Autorización para transferencia electrónica de resultados: Si						
Fecha de emisión del certificado: 01 de noviembre de 2023						

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

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

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

Anexo 10. Hoja de catación para el análisis sensorial de los muffins (día 1).

**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 i 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 paladar, y continúe con la siguiente muestra.

Característica	Alternativa	Muestras					
		Muestra 1 (76122)	Muestra 2 (02021)	Muestra 3 (89622)	Muestra 4 (91430)	Muestra 5 (66089)	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!

Anexo 11. Hoja de catación para el análisis sensorial de los muffins (día 2).

**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 paladar, y continúe con la siguiente muestra.

Característica	Alternativa	Muestras					Control
		Muestra 1 (ARS)	Muestra 2 (MRT)	Muestra 3 (OPQ)	Muestra 4 (QST)	Muestra 5 (ACJ)	
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!

Act
Ve a