



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



Efecto del uso de harinas de cultivos andinos camote amarillo (*Ipomoea batata*) y oca amarilla (*Oxalis tuberosa*) en la producción de yogur entero

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

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

Autora: Pamela Elizabeth Venegas Manotoa

Tutor: Dr. Esteban Mauricio Fuentes Pérez

Ambato – Ecuador

Septiembre - 2023

APROBACIÓN DEL TUTOR

Dr. Esteban Mauricio Fuentes Pérez

CERTIFICA:

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

Ambato, 26 de julio de 2023

Dr. Esteban Mauricio Fuentes Pérez

C.I. 1803321502

TUTOR

AUTORIA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Pamela Elizabeth Venegas Manotoa, manifiesto que los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Titulación, previo a la obtención del título de Ingeniera en Alimentos, son absolutamente originales, auténticos y personales; a excepción de las citas bibliográficas.



Pamela Elizabeth Venegas Manotoa

C.I. 1804993697

AUTOR

DERECHOS DEL AUTOR

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

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi 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.



Pamela Elizabeth Venegas Manotoa

C.I. 1804993697

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

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

Para consistencia firman:

Presidente del Tribunal

Mg. Manoella Alejandra Sánchez Garnica

C.I. 0604079871

Mg. Manuel Israel Guanoquiza Rivera

C.I. 0502966377

Ambato 24 de agosto 2023

DEDICATORIA

A Dios, por la salud, fortaleza y por guiar mis pasos para poder culminar mi carrera profesional.

A mis padres, Patricio y María, y a mis hermanos, Israel y Fernanda por haberme apoyado en todo momento, y forjarme con ejemplo de sacrificio y superación.

A mis amigos Dennis y Gaby por brindarme su amistad y apoyo incondicional durante este largo proceso de grandes experiencias.

Finalmente, a mis abuelitos Antonio y Matilde, que, aunque ya no están conmigo, sus enseñanzas viven en mí.

Este trabajo les dedico con todo mi corazón.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología que me brindó la oportunidad de formarme profesionalmente.

A los docentes del grupo de investigación interinstitucional Universidad Técnica de Ambato-Universidad Politécnica de Valencia, en especial a mi tutor Dr. Esteban Fuentes Pérez y al Dr. Diego Salazar por su entrega durante el desarrollo del trabajo de titulación.

A mi familia quienes estuvieron conmigo en todo el proceso de formación brindándome su apoyo y guiándome con sus buenos consejos.

Gracias a todas las personas que con sus palabras de motivación y buenos deseos forman parte de este logro.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
AUTORIA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	iii
DERECHOS DEL AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
RESUMEN EJECUTIVO	xiv
ABSTRACT	xv
CAPÍTULO 1.....	1
MARCO TEÓRICO	1
1.1 Antecedentes investigativos	1
1.1.1 Producción y consumo de yogur.....	1
1.1.2 Cultivos andinos.....	2
1.1.3 Tubérculos y raíces andinas	3
1.1.4 Camote amarillo.....	3
1.1.5 Oca amarilla	7
1.1.6 Harinas no convencionales.....	10
1.2 Objetivos.....	10
1.2.1 Objetivo General	10
1.2.2 Objetivos Específicos.....	10
1.3 Hipótesis.....	11
1.3.1 Hipótesis nula.....	11
1.3.2 Hipótesis alternativa.....	11
CAPÍTULO 2.....	12

METODOLOGÍA	12
2.1 Materiales	12
2.1.1 Materia prima	12
2.2 Métodos	12
2.2.1 Determinación de la concentración óptima de harina en yogur	12
2.2.2 Elaboración de yogur con harina de camote amarillo y oca amarilla ..	12
2.2.3 Análisis proximal de la leche	13
2.2.3.1 Grasa.....	13
2.2.4 Análisis fisicoquímico del yogur entero	13
2.2.4.1 pH	13
2.2.4.2 Acidez titulable.....	13
2.2.5 Análisis proximal del yogur entero	14
2.2.5.1 Humedad.....	14
2.2.5.2 Cenizas	14
2.2.5.3 Grasa.....	15
2.2.5.4 Fibra dietética total	15
2.2.5.5 Proteína.....	16
2.2.5.6 Carbohidratos totales	17
2.2.6 Valor energético	17
2.2.7 Viscosidad.....	17
2.2.8 Consistencia	18
2.2.9 Color.....	18
2.2.10 Análisis sensorial	18
2.2.11 Análisis estadístico.....	18
CAPÍTULO 3.....	19

RESULTADOS Y DISCUSIÓN	19
3.1 Análisis fisicoquímico de la leche	19
3.2 Establecimiento de la concentración óptima de harinas de cultivos andinos para la elaboración de yogur	19
3.3 Determinación de la composición proximal, propiedades reológicas y fisicoquímicas.....	20
3.3.1 Composición proximal.....	20
3.3.2 Viscosidad aparente	23
3.3.3 Consistencia	25
3.3.4 Estabilidad de pH, acidez titulable y color	26
3.4 Análisis sensorial.....	31
3.5 Verificación de hipótesis	32
CAPÍTULO 4.....	33
4.1. Conclusiones.....	33
4.2. Recomendaciones	34
MATERIALES DE REFERENCIA	35
Referencias bibliográficas	35
ANEXOS.....	42

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía del camote	4
Tabla 2. Composición nutricional del camote.....	5
Tabla 3. Taxonomía de la oca	8
Tabla 4. Composición nutricional de la oca.....	9
Tabla 5. Composición proximal y valor calórico del yogur.....	23
Tabla 6. Modelo que describe el comportamiento reológico de las muestras de yogur	25
Tabla 7. Consistencia de las muestras de yogur.....	26

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Camote amarillo (<i>Ipomoea batata</i>).....	4
Figura 2. Oca amarilla (<i>Oxalis tuberosa</i>).....	7
Figura 3. Viscosidad (mPa*s) en las muestras de yogur entero: control, camote amarillo y oca amarilla en 21 días de almacenamiento a 4°C.....	24
Figura 4. Evolución de pH en las muestras de yogur entero control, camote amarillo y oca amarilla en 21 días de almacenamiento a 4°C. Medias con letras diferentes (a,b,c,d) indican diferencias significativas en cada tratamiento ($p \leq 0,05$). Medias con letras diferentes (x, y, z) significativas entre muestras al mismo tiempo ($p \leq 0,05$)...	27
Figura 5. Evolución de acidez en las muestras de yogur entero: control, camote amarillo y oca amarilla en 21 días de almacenamiento a 4°C. Medias con letras diferentes (a,b,c,d) indican diferencias significativas en cada tratamiento ($p \leq 0,05$). Medias con letras diferentes (x, y, z) indican diferencias significativas entre muestras al mismo tiempo ($p \leq 0,05$).	28
Figura 6. Análisis de luminosidad (L^*) en las muestras de yogur entero: control, camote amarillo y oca amarilla en 21 días de almacenamiento a 4°C. Medias con letras diferentes (a,b,c,d) indican diferencias significativas en cada tratamiento ($p \leq 0,05$). Medias con letras diferentes (x, y, z) indican diferencias significativas entre muestras al mismo tiempo ($p \leq 0,05$).	29
Figura 7. Análisis de color rojos/verdes (a^*) en las muestras de yogur entero: control, camote amarillo y oca amarilla en 21 días de almacenamiento a 4°C. Medias con letras diferentes (a,b,c,d) indican diferencias significativas en cada tratamiento ($p \leq 0,05$). Medias con letras diferentes (x, y, z) indican diferencias significativas entre muestras al mismo tiempo ($p \leq 0,05$).	30
Figura 8. Análisis de color amarillos/azules (b^*) en las muestras de yogur entero: control, camote amarillo y oca amarilla en 21 días de almacenamiento a 4°C. Medias con letras diferentes (a,b,c,d) indican diferencias significativas en cada tratamiento (p	

$\leq 0,05$). Medias con letras diferentes (x, y, z) indican diferencias significativas entre muestras al mismo tiempo ($p \leq 0,05$)..... 31

Figura 9. Análisis de las propiedades organolépticas de las muestras de yogur entero: control, camote amarillo y oca amarilla en 21 días de almacenamiento a 4°C..... 32

RESUMEN EJECUTIVO

En los últimos años la tendencia de consumo de alimentos se inclina hacia productos con alto valor nutritivo, con contenido representativo de proteína, fibra y otros nutrientes; el yogur es un alimento donde los consumidores han encontrado gran parte de los requerimientos nutricionales que aportan beneficios a la salud. En este sentido la industria alimentaria se ha enfocado en el desarrollo de alimentos con materias primas no convencionales como los cultivos andinos, para de esta forma incrementar el contenido nutricional y a su vez potenciar la recuperación y el aprovechamiento de cultivos andinos que actualmente se están perdiendo.

La presente investigación tiene como objetivo evaluar el efecto del uso de harinas de camote amarillo (*Ipomoea batata*) y oca amarilla (*Oxalis tuberosa*) en la composición proximal, propiedades fisicoquímicas y en los atributos sensoriales del yogur, es así que se evaluaron tres formulaciones con un contenido de harina entre 0,3 y 0,9 por ciento para determinar la proporción óptima.

Como resultado se obtuvo que la concentración óptima de harina para la elaboración de yogur es de 0,9 por ciento, con dicha cantidad se mostró un índice de aceptabilidad mayor al 80 por ciento y una sinéresis baja. En dicha formulación se observó que la inclusión de harina generó un incremento del contenido de proteína, grasa, fibra, cenizas y valor calórico y mostró efectos sobre la viscosidad y consistencia. En conclusión, la adición de harinas de cultivos andinos en el yogur produce un incremento del contenido nutricional y un aumento de la viscosidad.

Palabras clave: Yogur, Cultivos andinos, Camote amarillo, Oca amarilla, Tubérculos andinos, Productos lácteos

ABSTRACT

In recent years, food consumption has leaned towards products with high nutritional value, with a substantial amount of protein, fiber, and other nutrients; consumers have found that yogurt has a large part of the nutritional requirements that provide health benefits. In this sense, the food industry has focused on the development of foods with unconventional raw materials, such as Andean crops, in order to increase the nutritional content and, in turn, promote the recovery and use of Andean crops that are currently being lost.

The objective of this research is to evaluate the effect of using yellow sweet potato (*Ipomoea batata*) and yellow oca (*Oxalis tuberosa*) flours on the proximal composition, physicochemical properties, and sensory attributes of yogurt; thus, three formulations with a flour content between 0,3 and 0,9 percent were evaluated to determine the optimal proportion.

As a result, it was observed that the optimal concentration of flour for the elaboration of yogurt is 0,9 percent; with this amount, an acceptability index greater than 80 percent and a low syneresis were shown. In the formula mentioned, it was observed that the inclusion of flour increased the protein, fat, fiber, ash, and caloric value content and showed effects on viscosity and consistency. In conclusion, the addition of flour from Andean crops in yogurt produces an increase in nutritional content and an increase in viscosity.

Keywords: Yogurt, Andean crops, Yellow sweet potato, Yellow oca, Andean tubers, Dairy products

CAPÍTULO 1

MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes investigativos

1.1.1 Producción y consumo de yogur

El interés del hombre por la relación entre la alimentación y la salud ha hecho que a lo largo del tiempo se busquen estrategias que mejoren la calidad de vida de la población, es así que los alimentos funcionales se han convertido en una opción interesante debido a que contienen compuestos bioactivos como probióticos, prebióticos, antioxidantes, micronutrientes, omega 3, entre otros con potenciales efectos positivos en la salud tales como el mejoramiento del rendimiento mental, físico y cognitivo, la disminución del riesgo de desarrollo de enfermedades no transmitibles, la regulación de procesos metabólicos, reducción de colesterol LDL en adultos, modulación del apetito, entre otros; en consecuencia, en los últimos años se evidencia un incremento en la demanda de alimentos con propiedades que sean capaces de aportar algún beneficio para la salud (Gómez-Gallego et al., 2018; Uscanga-Domínguez et al., 2019; Villamil et al., 2020).

La leche y sus derivados son productos con alto potencial funcional debido a la proteína y al contenido representativo de calcio, además su versatilidad como vehículo de componentes bioactivos permite que la industria de alimentos pueda desarrollar productos de calidad por medio de la adición, sustitución o eliminación de sustancias que conlleven a incrementar el valor nutricional de los alimentos y en particular propicie el desarrollo hacia una alimentación saludable, con productos funcionales como la leche fortificada con ácido linoleico conjugado, yogur y bebidas lácteas enriquecidas con fibra antioxidante, fibra dietética, omega 3 y omega 6 (Carrillo, 2018; Orozco & Cáceres, 2020; Uscanga-Domínguez et al., 2019).

La aparición del yogur se remonta al Medio Oriente, donde a causa del transporte inadecuado de la leche cruda con alta temperatura se formó un medio propicio para la multiplicación de bacterias ácido lácticas, dando como resultado este producto. El yogur es un alimento que se obtiene de la fermentación láctica de las bacterias *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus*, *Streptococcus salivaris subsp.*

Thermophilus y de otras bacterias benéficas (**Estrella Erazo et al., 2021; Uscanga-Domínguez et al., 2019**).

El yogur es considerado un producto importante dentro de la dieta alimentaria debido a su valor nutritivo y a los posibles beneficios que aportan a la salud, contiene lactosa (5 %), lípidos (4 %), proteína (3,2 %), sales minerales (0,8 %) y vitaminas (0,1%) (**Babio et al., 2017; Medina Rodríguez et al., 2021**).

En la actualidad hay una gran variedad de yogures de acuerdo al método de producción, al porcentaje de grasa, por su textura y según el tratamiento aplicado, en consecuencia, en el mercado se puede encontrar yogur alto en grasa, semidescremado, descremado, batido, líquido, aplanado, saborizado, no saborizado, fortificado, endulzado, con probióticos, entre otros (**Guzmán Martínez, 2020**).

Además se ha mejorado la formulación de yogures y se ha desarrollado productos con gran valor nutricional así como el yogur con harinas de yacón o camote morado, el cual proporciona un efecto prebiótico, aporta mayor cantidad de fibra dietética, proporciona sabor y textura agradable y produce mayor viscosidad (**Lopera-Marín et al., 2020; Suwannaphan, 2022**).

1.1.2 Cultivos andinos

Es importante señalar que existe gran interés por los cultivos de la región andina, debido probablemente a que son capaces de resistir condiciones extremas tales como sequía, heladas y plagas, además de poseer un contenido nutricional representativo, rico en almidón, fibra, proteína y carbohidratos, aunque el mismo es variable en cada cultivo (**Luziatelli et al., 2020; Ocaña Palacios, 2019**). Los cultivos andinos pueden ser tubérculos, raíces, frutales, plantas aromáticas o medicinales, estos proporcionan potenciales beneficios para la salud; así mismo, varios estudios han demostrado que el consumo de productos naturales aporta significativamente a la salud, debido a que ayudan a disminuir el riesgo de contraer diabetes, obesidad y problemas cardiacos (**Sáenz, 2019**). Por esta razón, los cultivos andinos son y han sido valorados por los pueblos indígenas que los han consumido siempre; sin embargo, el aprovechamiento de los componentes nutritivos de los cultivos andinos como ingredientes para fortalecer el valor nutricional de otros alimentos puede ayudar a contrarrestar un

porcentaje de desnutrición siempre que se logre mantener el contenido nutricional (Sáenz, 2019).

1.1.3 Tubérculos y raíces andinas

Los tubérculos y raíces andinas constituyen un papel fundamental en la alimentación de la población de los países andinos en vista de que aportan con un sinnúmero de beneficios para la salud debido a sus características bioquímicas (Pacheco et al., 2020). Los cultivos andinos de gran importancia nutricional en la región andina son la papa (*Solanum spp.*) y el camote (*Ipomoea batatas*); aunque en el mercado hay otros cultivos de menor auge tales como la mashua (*Tropaeolum tuberosum*), la oca (*Oxalis tuberosa*), la zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*) y la achira (*Canna edulis*) (Mejía Lotero et al., 2018; Sáenz, 2019). Sin embargo, algunas especies como la achira y mashua están en peligro de extinción ya que su producción únicamente se destina al consumo local (Pacheco et al., 2020).

Los cultivos andinos se caracterizan por poseer alto contenido en almidón, tiamina, niacina, vitaminas A, B6, E y K, y otros micronutrientes como el calcio, nitrógeno, potasio, magnesio, hierro, zinc (Lopera-Marín et al., 2020). Pero, es posible que el desconocimiento en cuanto a los beneficios nutricionales que aportan estos cultivos sea la principal causa de su falta de consumo (Mejía Lotero et al., 2018).

1.1.4 Camote amarillo

El camote amarillo llamado también papa dulce o batata amarilla es un tubérculo nativo de América Central y Sudamérica. Su cultivo es reconocido como el tercero más importante a nivel mundial en la categoría de tubérculos y raíces, con una producción que supera los 150 millones de toneladas métricas de un total de 111 países, donde apenas el 4% corresponde a América Latina (Ochoa-Martínez et al., 2021; Vidal et al., 2018). Aunque su cultivo demanda pocos requerimientos nutricionales y es de fácil propagación, no existe una producción a gran escala (Vidal et al., 2018).

En la Tabla 1 se describe la taxonomía del camote (*Ipomoea batata*); *ipomoea* procede del vocablo griego *ips* que significa “gusano” y *homoios* que quiere decir “parecido” (Jiang et al., 2022).

Tabla 1. Taxonomía del camote

Clasificación	Descripción
Reino	Viridiplantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Solanales
Familia	Convolvulaceae
Género	Ipomoea

Fuente: (Jiang et al., 2022).

Características botánicas

El camote (Figura 1) es una planta perenne con raíz tuberosa de color amarilla, beige, blanca, morada o rosada; su forma es alargada en los extremos y con una protuberancia en la parte central; su longitud es de hasta 30 cm y un diámetro de 20 cm; sus hojas son alternas afiladas y largas en forma de lóbulos, dentada, hastada o acorazonada; la pulpa es amarilla, blanca, naranja, morada, roja, rosa o violeta según la variedad; el tallo es considerado la guía del tubérculo y las flores se agrupan en inflorescencias en forma de campana con un color variado desde verde pálido a oscuro (**Mu & Jaspreet, 2019; Ochoa-Martínez et al., 2021**).



Figura 1. Camote amarillo (*Ipomoea batata*).

Fuente: Elaboración propia.

Contenido nutricional

El camote es un alimento de alto valor nutritivo, rico en proteínas, carbohidratos, vitaminas y minerales, por lo que es considerado como una alternativa en los países en vías de desarrollo frente a la escasez alimentaria (Vidal et al., 2018). En la Tabla 2 se muestran los valores de la literatura en cuanto la composición nutricional del camote.

Tabla 2. Composición nutricional del camote

Parámetros	Camote (g·100 g ⁻¹ , en peso seco)			
	Blanquecino	Amarillo	Naranja	Morado
Carbohidratos totales	85,3-87,3	81,3-85,7	83,1-87,0	84,5-85,0
Almidón digestible	54,6-64,1	51,2-61,1	42,3-60,0	53,4-54,8
Sacarosa	5,0-12,9	7,7-11,6	4,7-16,5	5,8-8,1
Proteína	4,1-5,8	5,1-5,9	4,3-6,2	5,4-5,8
Almidón resistente	2,5-3,7	1,6-4,3	0,6-3,8	1,8-2,7
Cenizas	2,3-3,4	2,6-2,8	3,3-4,5	1,5-2,9
Fibra cruda	1,6-2,6	1,3-1,4	1,9-3,3	1,1-1,5
Fructosa	0,5-4,5	0,8-4,3	0,9-6,6	1,9-2,4
Glucosa	0,6-4,8	0,9-1,3	1,0-6,5	1,8-2,3
Grasa	1,3-1,7	1,8-2,1	1,3-2,2	1,3-1,8

Fuente: (Escobar-Puentes et al., 2022).

El almidón de camote es rico en antioxidantes, fibra dietética, minerales y vitaminas a comparación con el almidón de papa; mientras que, en contraste con almidones de trigo y maíz, el almidón de camote tiene alto contenido de amilopectina. Sin embargo, su escaso grado de hinchamiento y solubilidad, la alta viscosidad y la tendencia a la retrogradación provocan que su utilización no sea tan extensa (Issa et al., 2018; Ochoa-Martínez et al., 2021).

Los carbohidratos indigeribles presentes en el camote como la celulosa, hemicelulosa y la fibra aceleran el tránsito intestinal; mientras que las proteínas con aminoácidos

como la leucina, isoleucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptófano, valina, e histidina son esenciales para el buen funcionamiento del organismo, al igual que los minerales; los antioxidantes ayudan a proteger el cuerpo contra daños causados por radicales libres; por tanto, confiere diversos beneficios a la salud, así como propiedades cardioprotectoras, hepatoprotectoras, anticancerígenas, antiobesogénicas, de antienvjecimiento, antidiabéticas y antiulcerogénicas y promueve al tubérculo como un alimento funcional frente a enfermedades crónico degenerativas (**Ochoa-Martínez et al., 2021; Vidal et al., 2018; Zavaleta Sánchez, 2019**).

Usos y aplicaciones

El aprovechamiento del camote tiene auge en la industria a nivel mundial principalmente en la obtención de almidón, ya que es el componente principal de la materia seca, además juega un papel importante en la nutrición y suministro de energía metabólica para los seres humanos (**Cartabiano-Leite et al., 2020; Ochoa-Martínez et al., 2021**). En China se utiliza para obtener almidón, en Perú para obtener harina para panificación y fideos, en Japón para la obtención de harina y salmueras, en Filipinas se aprovecha las antocianinas por su poder antioxidante para agregarlas en la leche y fortalecer el sistema inmune y en Estados Unidos se extraen los carotenoides, vitaminas, polifenoles y fibra que actúan como bioactivos para ejercer un efecto protector ante enfermedades crónicas (**Vidal et al., 2018**).

Beneficios del consumo

Según el Departamento de Salud Pública del Condado de Los Ángeles (DPH) de Estados Unidos, el contenido de magnesio en el camote ayuda a combatir el estrés, promueve la relajación y propicia un estado de ánimo favorable, así mismo favorece a la salud arterial, sanguínea, ósea, muscular y nerviosa. El contenido de vitaminas B6 ayuda a descomponer la homocisteína; la vitamina A provee propiedades de antienvjecimiento, mejora la vista y mantiene la integridad de las membranas mucosas y la piel; y el contenido de potasio puede reducir la presión arterial (**Cartabiano-Leite et al., 2020; Ochoa-Martínez et al., 2021; Vidal et al., 2018**).

1.1.5 Oca amarilla

La oca (*Oxalis tuberosa*) (Figura 2) es uno de los cultivos más antiguos, con aproximadamente 8000 años de antigüedad, es un tubérculo representativo de América del Sur, cultivado principalmente en Bolivia, Perú y Ecuador; en Ecuador se produce en las provincias de Tungurahua, Imbabura, Cotopaxi y Chimborazo, alrededor de los 3000 msnm en pequeñas parcelas junto a otros tubérculos como la papa, melloco y mashua, ya que son parte de la dieta del agricultor; resiste bajas temperaturas y tolera suelos escasos de nutrientes (Castañeta et al., 2022; Sánchez et al., 2022). Si bien en los Andes el cultivo predominante es la papa, se evidencia interés en la producción y exportación de la oca, debido al agradable sabor y al valor nutricional superior al de la papa (Castañeta et al., 2022; Zhu & Cui, 2019).



Figura 2. Oca amarilla (*Oxalis tuberosa*)

Fuente: Elaboración propia.

La taxonomía de la oca (*Oxalis tuberosa*) se describe en la Tabla 3; *oxalis* procede del vocablo griego *oxys* que significa “amargo” y *tuberosa* que quiere decir “con tubérculo” (Meneses Mariño, 2021).

Tabla 3. Taxonomía de la oca

Clasificación	Descripción
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Geraniales
Familia	Oxalidaceae
Género	Oxalis L.

Fuente: (Meneses Mariño, 2021).

Características botánicas

La oca es un tubérculo de forma cilíndrica o turbinada con una longitud de entre 5 y 8 cm y un diámetro de 2 a 4 cm; la piel es en su mayoría lisa con varias escamas que envuelven los ojos profundos de color morado, rojo, rosa o amarillo; la floración es versátil de acuerdo a la especie, pudiendo tener entre 3 y 7 flores por planta en tonos desde naranja amarillento hasta amarillo oscuro; las hojas son trifoliadas con una longitud de entre 2 y 9 cm; y los tallos son cilíndricos de color verde amarillento (Castañeta et al., 2022; Zhu & Cui, 2019).

Contenido nutricional

La oca es una gran fuente de nutrientes, es rica en almidón con alrededor del 60 % del peso seco, proteína y fibra dietética aproximadamente el 1,1 %, en peso fresco. Además, tiene mayor cantidad de calcio, hierro, riboflavina y ácido ascórbico en comparación con la papa, el maíz y el arroz. Debido a la disponibilidad de varios nutrientes, se deriva una variedad de actividades biológicas de este tubérculo, así como la actividad antioxidante en función de la gran cantidad de carotenoides y la prevención de enfermedades digestivas (Zhu & Cui, 2019). En la Tabla 4 se muestran los valores referenciales en cuanto a la composición nutricional de la oca.

Tabla 4. Composición nutricional de la oca

Componente	Contenido
Proteína (g)	0,5
Calorías (kcal)	76,5
Agua (g)	84,9
Carbohidratos (g)	15,4
Fibra (g)	8,1
Vitamina A (g)	0,8
Tiamina (Vit. B1) (mg)	0,05
Riboflavina (Vit. B2) (mg)	0,9
Niacina (Vit. B3) (mg)	1,05
Vitamina C (mg)	39,4
Calcio (mg)	17,2
Hierro (mg)	12,4
Fósforo (mg)	28,0
Zinc (mg)	1,7

Fuente: (Sánchez et al., 2022).

Usos y aplicaciones

Se utiliza para el consumo directo similar a la papa, puede ser de forma horneada, asada, frita o en puré, en guisos y sopas, para ensaladas combinadas con vegetales o como aderezo, en la producción de chips o snacks y para la elaboración de postres como pasteles y budines. Es importante recalcar que este tubérculo se consume cocido, ya que la presencia de oxalato de calcio puede ser tóxico (**Castañeta et al., 2022; Espino Manzano, 2019**).

El uso potencial de la oca es para la obtención de almidón. El almidón es granular, su tamaño varía entre 1 y 100 μm , está compuesto por dos biomacromoléculas: la amilosa y amilopectina. La amilosa se halla en menor proporción (20-30%) y la amilopectina en mayor porción (**Castañeta et al., 2022; Zhu & Cui, 2019**).

Beneficios del consumo

La oca puede proporcionar una serie de beneficios en la salud como: la reducción de niveles de desnutrición, en función del contenido de carbohidratos se le considera una fuente de energía, ayuda en el suministro de oxígeno a las células debido a la cantidad representativa de hierro y actúa como precursora en la absorción de hierro como respuesta del contenido de vitamina C (**Lema Muñoz, 2022; Sánchez et al., 2022**).

1.1.6 Harinas no convencionales

Las harinas no convencionales son harinas que se obtienen de materias primas poco explotadas que por lo general no se utiliza en gran magnitud en la industria alimentaria. Al ser incorporadas en una matriz alimentaria mejoran la calidad del producto debido a que incrementa la cantidad de ciertos componentes nutricionales como la fibra, componentes antioxidantes, proteína, entre otros nutrientes. Estas harinas provienen de fuentes no comerciales para la industria alimentaria como el zapallo, arroz, zanahoria, remolacha, hongos, arvejas, lentejas, garbanzos, entre otros cultivos (**Kaur et al., 2022**).

En la industria alimentaria las harinas no convencionales se utilizan en la panificación, cárnicos y bebidas; en productos tales como panes, postres, muffins, pasta, salchichas, galletas, chorizos, coladas, tortas, barras energéticas y hojuelas. A la incorporación de las harinas se atribuye la mejora del contenido nutricional, el incremento de digestibilidad, el aumento de la actividad antioxidante y la mayor estabilidad de formulaciones (**Gauto et al., 2022; Kaur et al., 2022**).

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

- Evaluar el efecto del uso de harinas de camote amarillo (*Ipomoea batata*) y oca amarilla (*Oxalis tuberosa*) en la producción de yogur entero.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Establecer la concentración óptima de harinas de cultivos andinos para la elaboración de yogur entero.

- Determinar la composición proximal, propiedades fisicoquímicas y reológicas del yogur.
- Evaluar la calidad sensorial de yogur.

1.3 Hipótesis

1.3.1 Hipótesis nula

La incorporación de harinas de camote amarillo (*Ipomoea batata*) y oca amarilla (*Oxalis tuberosa*) no afecta a las propiedades fisicoquímicas, reológicas y sensoriales del yogur entero.

1.3.2 Hipótesis alternativa

La incorporación de harinas de camote amarillo (*Ipomoea batata*) y oca amarilla (*Oxalis tuberosa*) afecta a las propiedades fisicoquímicas, reológicas y sensoriales del yogur entero.

CAPÍTULO 2

METODOLOGÍA

2.1 Materiales

2.1.1 Materia prima

La leche cruda que se utilizó en la investigación fue recolectada en la ciudad de Píllaro, provincia de Tungurahua. Se verificó que cumpla los requisitos establecidos en la **NTE INEN 9 (2012)**, una vez verificado el cumplimiento de los requisitos se pasteurizó a 85°C durante 5 minutos.

2.2 Métodos

2.2.1 Determinación de la concentración óptima de harina en yogur

Para establecer la cantidad óptima de harina de camote amarillo (*Ipomoea batata*) y oca amarilla (*Oxalis tuberosa*) que defina una formulación sensorialmente aceptable se empleó la metodología descrita por **Salazar Garcés (2022)**, en donde se ensayó las concentraciones de harina de 0,3 %, 0,6 % y 0,9 %, en las cuales de manera visual se evaluó la formación del gel, sinéresis y viscosidad. Los resultados se expresaron de manera arbitraria como baja (-), moderada (+) o buena (++) .

2.2.2 Elaboración de yogur con harina de camote amarillo y oca amarilla

Para la elaboración de yogur entero con la inclusión de harinas de camote amarillo y oca amarilla se realizó con el proceso sugerido por **Zamorán Murillo (2020)**, se agregaron los distintos porcentajes de harina, se pasteurizó a 85°C por 5 minutos para reducir la carga microbiana de la leche, posteriormente se dejó enfriar hasta 40 °C, se agregó el cultivo lácteo liofilizado según las indicaciones proporcionadas por el fabricante. A continuación, se incubó a 40°C ± 2 °C entre 5 y 6 horas, luego se detuvo la fermentación con un descenso de temperatura y se agitó ligeramente para romper el coágulo, finalmente se almacenó en refrigeración a 4 °C.

2.2.3 Análisis proximal de la leche

2.2.3.1 Grasa

Se utilizó la metodología de la **NTE INEN-ISO 2446 (2013)**, en la cual se colocó 10 ml de ácido sulfúrico, 11 ml de la muestra de leche y 1 ml de alcohol amílico en un butirómetro, posteriormente se tapó y agitó lentamente dos o tres veces hasta que desaparecieron todas las partículas blancas, después se centrifugó durante 4 minutos, a continuación, se retiró de la centrífuga y se colocó el butirómetro en un baño de agua a 65°C durante 6 minutos, finalmente se leyó los resultados.

2.2.4 Análisis fisicoquímico del yogur entero

2.2.4.1 pH

Para determinar el pH del yogur se insertó el electrodo del potenciómetro digital en la muestra según lo escrito en la **NTE INEN 526 (2012)**, donde los electrodos se lavaron con agua destilada y previamente se calibró el equipo con una solución de referencia (pH 4, 7, 10), finalmente se efectuó la lectura directa de los resultados.

2.2.4.2 Acidez titulable

La acidez titulable se desarrolló con la metodología de la **NTE INEN 13 (2012)**, se colocó 10 ml de la muestra en un matraz Erlenmeyer, se agregó 2 gotas de fenolftaleína y se tituló con hidróxido de sodio 0,1 N hasta que se observó un color rosa pálido, finalmente el resultado se expresó como porcentaje de ácido láctico.

$$A = 0,090 \frac{V * N}{m_1 - m} * 100$$

(Ecuación 1)

Donde:

A: acidez titulable de la leche (% ácido láctico)

V: volumen NaOH utilizado (cm³)

N: normalidad de NaOH

m: masa del matraz vacío (g)

m1: masa del matraz con leche (g)

2.2.5 Análisis proximal del yogur entero

2.2.5.1 Humedad

El contenido de humedad se determinó con la metodología de la norma **AOAC 711.02.023 (2015)**, se pesó una cápsula de porcelana seca y vacía y se registró dicho valor, se colocó 3 g de la muestra en la cápsula y se llevó a la estufa a 120°C durante 24 horas, posteriormente se enfrió en el desecador por 30 minutos y finalmente se pesó y cálculo con la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{(M_a - M_b)}{(M_a - M)} * 100$$

(Ecuación 2)

Donde:

M: masa de la cápsula con tapa (g)

M_a: masa de la cápsula con tapa más la muestra (g)

M_b: masa de la cápsula con tapa más la muestra seca (g)

2.2.5.2 Cenizas

El contenido de cenizas se determinó con la metodología de la norma **AOAC 930.30 (2016)**, para lo cual se calentó los crisoles a 103°C durante 30 minutos, se dejó enfriar y se registró su peso, posteriormente se agregó 3 g de muestra y se introdujo en una mufla a 550 °C hasta que se obtuvo cenizas de tono blanco-gris por aproximadamente 3 horas, luego se dispuso a enfriar en un desecador y se registró su peso, finalmente para su cálculo se empleó la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{W_1}{W} * 100$$

(Ecuación 3)

Donde:

W: peso de la muestra

W₁: peso del residuo después de incineración

2.2.5.3 Grasa

Se determinó con la metodología de la **NTE INEN 12 (2012)**, se realizó la digestión de la muestra, para ello se colocó 10 ml de ácido sulfúrico, 11 ml de muestra y 1 ml de alcohol amílico en el butirómetro, se tapó y agitó, a continuación se colocó el butirómetro en un baño maría a 65 °C durante 10 minutos, luego se centrifugo, finalmente se dejó el butirómetro en reposo por 5 minutos y se realizó la lectura del mismo y registró los resultados.

2.2.5.4 Fibra dietética total

La fibra se determinó con la metodología de la **AOAC 985.29 (2003)**, se colocó 2 g de muestra desengrasada a 100°C con alfa-amilasa para hidrolizar, se despolimerizó el almidón en la incubadora a 60°C, se añadió 4 g de etanol, se filtró y se lavó el residuo, se secó, peso y registro los valores para el cálculo con la siguiente ecuación:

$$F_c = \frac{(m_1 - m_2) - (m_3 - m_4)}{m} 100$$

(Ecuación 4)

Donde:

F_c: fibra cruda (% en masa)

m: masa de la muestra desengrasada y seca (g)

m₁: masa del crisol con asbestos y fibra seca (g)

m₂: masa del crisol con asbestos después de incinerado (g)

m₃: masa del ensayo en blanco con asbesto (g)

m₄: masa del ensayo en blanco con asbesto después de incinerado (g)

2.2.5.5 Proteína

El porcentaje de proteína se determinó con el método Kjeldahl de la **AOAC 911.20 (2015)**, se colocó en el matraz Kjeldahl la muestra, las tabletas Kjeldahl, sulfato de cobre y potasio, y se adicionó 15 ml de ácido sulfúrico, posteriormente se llevó al digestor y se diluyó con agua destilada, a continuación, se llevó al destilador y finalmente se tituló con ácido clorhídrico y se realizó los cálculos con las siguientes fórmulas:

$$W_N = \frac{(V_s - V_b)(M_r) * 14,01}{m * 10}$$

(Ecuación 5)

Donde:

WN: nitrógeno en porcentaje en masa

VS: volumen de la titulación

Vb: volumen del blanco

Mr: normalidad del ácido clorhídrico

m: peso de la muestra (g)

Para calcular el contenido de proteína se utilizará la siguiente ecuación:

$$W_p = W_N * 6,25$$

(Ecuación 6)

Donde:

Wp: proteína cruda en porcentaje en masa

WN: Nitrógeno en porcentaje en masa

6,25: factor de multiplicación para expresar el contenido de nitrógeno en proteína.

2.2.5.6 Carbohidratos totales

Se determinó la cantidad de carbohidratos con la metodología de la **AOAC 101.92 (2005)**, se restó el contenido de los componentes analíticos (grasa, proteína, ceniza, humedad y fibra) del 100%, para lo cual se utilizó la siguiente ecuación:

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

(Ecuación 7)

2.2.6 Valor energético

El contenido calórico se estimó en x100g, debido a que la suma global de calorías de cada componente es el valor energético de cada uno, grasa (x9 kcal/g), proteína (x4 kcal/g), carbohidratos (x4 kcal/g) y fibra (x2 kcal/g).

$$Energía = (carbohidratos * 4) + (proteína * 4) + (grasa * 9) + (fibra * 2)$$

2.2.7 Viscosidad

La viscosidad se determinó con un viscosímetro rotacional Quimis (q890M21), para ello se colocó el yogur en el contenedor de muestras y se sumergió el husillo (rotor #2). Se tomó datos a temperatura ambiente y se estableció el rotor y las revoluciones de trabajo en un rango de 30 y 70 %, (**Molero-Méndez et al., 2017**). Para determinar el comportamiento reológico del yogur se ajustó los datos a la siguiente ecuación:

$$T = K(\gamma)^\eta$$

(Ecuación 8)

Donde:

T: esfuerzo de corte (mPa.s)

γ : velocidad de deformación (1/s)

K: índice de consistencia del fluido (mPa.s)

η : índice de comportamiento del flujo

2.2.8 Consistencia

La consistencia se determinó con un consistómetro de Bostwich, se midió la distancia recorrida de la muestra durante 30 segundos, para ello el equipo estuvo en una superficie plana con la burbuja de nivel en el centro de la circunferencia, una vez nivelado el equipo se cerró la puerta y se colocó la muestra, finalmente se presionó el gatillo de la puerta y se registró el valor de la distancia recorrida (**Boukid et al., 2021**).

2.2.9 Color

Los parámetros de color CIE Lab se determinaron con un colorímetro Lovibond, se diferenció la luminosidad (L^*), la variación roja/verde (a^*) y la variación amarilla/azul (b^*), para ello se colocó las muestras en cajas Petri de manera uniforme y se tomó al menos 15 mediciones.

2.2.10 Análisis sensorial

La evaluación de los parámetros sensoriales (el color, sabor, olor, viscosidad y aceptabilidad) del yogur se realizó por un grupo de 15 panelistas por medio de una escala hedónica de 5 puntos que describió la intensidad del gusto del catador, donde 5 significó me gusta mucho y 1 me disgusta mucho (**Salazar et al., 2021**).

2.2.11 Análisis estadístico

Se utilizó un diseño completamente aleatorio para estudiar el efecto de la incorporación de harinas de camote amarillo y oca amarilla, con el propósito de conocer el efecto sobre las propiedades fisicoquímicas, sensoriales y viscosidad del yogur entero; mientras que, el análisis de datos se realizó en el Software Infostat con la Prueba ANOVA y Tukey, donde se empleó un nivel de confianza de 95% y un nivel de error de 0,05.

CAPÍTULO 3

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis fisicoquímico de la leche

En la Tabla 5 se reportan los resultados del análisis fisicoquímico de la leche entera utilizada como materia prima para la elaboración de yogur. El contenido de grasa superó el valor mínimo establecido de 3 %, el contenido de sólidos no grasos cumplió la cantidad señalada de 8,2 % y el contenido de proteína cumplió con el valor mínimo señalado de 2,9 % de acuerdo a la **NTE INEN 9 (2012)**.

Tabla 5. Características fisicoquímicas de la leche entera

Parámetros	Leche entera
Grasa (%)	3,63±0,02
Sólidos no grasos (%)	8,2±0,10
Proteína (%)	2,96±0,02

3.2 Establecimiento de la concentración óptima de harinas de cultivos andinos para la elaboración de yogur

En la Tabla 6 se muestran los resultados de la formación de gel, sinéresis y viscosidad de yogures desarrollados con harinas de cultivos andinos. La evaluación desarrollada indica que en las muestras que se adicionó el 0,9 % de harina, presentan una buena formación del gel; mientras que, en las muestras que se agregó menor dosis de harina el gel que se forma es débil y en el caso de la dosis de 0,3 % no se observa eventualmente que se haya formado un gel. Por otro lado, la sinéresis es baja en las muestras que contenían harina en sus distintas concentraciones. Además, la viscosidad indica que en las muestras con harina de camote amarillo u oca amarilla hay una relación proporcional entre la dosis agregada y el grado de viscosidad, es así que a mayor dosis agregada la viscosidad es mayor.

Estos resultados podrían ser atribuidos a la proporción de harina, que de acuerdo a la cantidad adicionada afecta los atributos del producto. Resultados similares se obtuvieron en yogures desarrollados con harina de quinua, **Estrella Erazo et al. (2021)**

incorporaron porcentajes de 0,6 %, 0,8 % y 1 % de harina, donde el tratamiento más aceptable fue el que contenía 0,8 % de harina, ya que evidenció características de viscosidad y gelificación representativas de yogur, las cuales son semejantes a las muestras de yogur que contienen 0,9 % de harina agregada en este estudio. Así mismo, en otro estudio que incluye harina de quinua malteada en la formulación del yogur se observó que la harina provoca que la sinéresis sea baja; sin embargo, debido al cambio de pH en el tiempo, provoca que después de varios días se visibilice una separación de fases del yogur aunque no sea tan marcada (Mendieta Rodríguez, 2023).

Tabla 6. Capacidad de harinas para formar un yogur estable

Tipo de harina	Dosis agregada (%)	Formación de gel	Sinéresis	Viscosidad
Camote amarillo	0,3	-	-	-
	0,6	+	-	+
	0,9	++	-	++
Oca amarilla	0,3	-	-	-
	0,6	+	-	+
	0,9	++	-	++

3.3 Determinación de la composición proximal, propiedades reológicas y fisicoquímicas

3.3.1 Composición proximal

La Tabla 7 muestra los resultados de la composición proximal de las muestras de yogur control, con harina de camote amarillo y oca amarilla. Los resultados indican diferencias significativas ($p < 0,05$) en cada uno de los parámetros analizados, a excepción de los carbohidratos y actividad de agua, donde las muestras con harina de camote amarillo y oca amarilla presentan valores similares al control.

La humedad de los yogures indica que en la muestra en la que se adicionó harina de oca amarilla presenta el valor más bajo, mientras que el control es la muestra con el valor más alto. Estos resultados podrían ser atribuidos a la misma composición de las harinas debido a la naturaleza de estas. Resultados similares se obtuvieron en yogures

desarrollados con harina de lenteja, **Haq et al. (2019)** incorporaron porcentajes de 1 a 4 % de harina, donde se obtuvo como resultado que la humedad es menor en los ensayos que contienen harina frente a la muestra control. Así mismo en un estudio realizado por **Romero (2018)**, se indica que la humedad del yogur debe ser entre el 80 y 90 %. Estos resultados concuerdan con los de este estudio ya que presentan valores entre el 86 y 89 % de humedad.

Con respecto al contenido proteico, se evidencia que la muestra control presenta menor contenido con referencia a las muestras donde se incorporó la harina de cultivos andinos. Sin embargo, el contenido de proteína de las tres muestras cumple con la especificación para leches fermentadas enteras, superando el valor mínimo de cantidad de proteína del 2,7 % establecido por la **NTE INEN 2395 (2011)**. Los resultados corresponden con los esperados debido a la misma composición de las harinas que transfiere sus propiedades al producto desarrollado. Resultados similares se obtuvieron en yogures desarrollados con harina de camote, donde **Omar et al. (2019)** incorporaron porcentajes de harina de 1,5 y 3 %, donde se observó que la adición de harina provoca el incremento del contenido proteico. Así mismo, en otro estudio donde se desarrolló yogur con la incorporación del 0,9 % de harina de melloco, se evidenció que la cantidad de proteína aumentó en comparación con la muestra control (**Perez et al., 2022; Sánchez Moreno, 2018**).

El contenido de grasa es mayor en los yogures que contienen harina de cultivos andinos, aunque según la **NTE INEN 2395 (2011)**, las tres muestras analizadas cumplen con el requisito mínimo en cuanto al contenido de grasa de yogur entero con un valor del 2,5 %. Resultados parecidos se obtuvieron en yogures desarrollados con harina de camote, donde **Gavilanes et al. (2018)** incorporaron porcentajes de 4 y 6 % de harinas, dicha formulación provocó el incremento del contenido de grasa, además estableció una relación proporcional entre la cantidad de harina agregada y el contenido de grasa. De igual forma, en otro estudio donde se elaboró yogur enriquecido con harina de camote morado se obtuvo como resultado que el porcentaje de grasa es mayor en función a la cantidad de harina adicionada (**Afiati et al., 2018**). Estos resultados concuerdan con los obtenidos en este estudio probablemente atribuidos a la composición nutricional de las harinas de los tubérculos incorporados en los yogures.

Los resultados concernientes a carbohidratos indican que la muestra con harina de camote amarillo tiene el valor más alto, mientras que la muestra con harina de oca amarilla tiene la cantidad más baja. En un estudio donde se desarrolló yogur enriquecido con camote morado se evidenció que a mayor cantidad de harina el contenido de carbohidratos se incrementó (**Afiati et al., 2018**), esto se atribuye a que el camote tiene un alto contenido de carbohidratos entre el 25 y 30 %, lo que hace de este tubérculo una gran fuente de energía (**Zhang et al., 2022**). Sin embargo, la muestra con harina de oca amarilla presenta menor cantidad de carbohidratos en comparación al control, este resultado probablemente se debe a que durante la fermentación las bacterias lácticas pueden producir enzimas amilolíticas las cuales son capaces de descomponer el almidón y por tanto reducir el contenido de este parámetro (**El-Attar et al., 2022**).

Los porcentajes de fibra de las muestras con harina de camote amarillo y oca amarilla son altos frente a la muestra control. Valores parecidos se obtuvieron en un artículo donde se elaboró yogur enriquecido con camote morado, allí se evidencia mayor cantidad de fibra en las muestras enriquecidas con cantidades representativas de harina de camote (**Afiati et al., 2018**). Estos resultados son similares a los obtenidos en este estudio, generados debido a la cantidad significativa de fibra que poseen los tubérculos utilizados.

Los valores de cenizas indican que las muestras con harina adicionada presentan mayor contenido con referencia al control. Estos resultados son similares a un estudio donde se desarrolló una bebida fermentada con harina de camote, donde muestran que a mayor cantidad de harina agregada se genera más contenido de cenizas (**Gavilanes et al., 2018**). Este comportamiento se debe posiblemente al contenido de la fracción inorgánica que aportan las harinas al yogur.

Por otro lado, la actividad de agua en las 3 muestras es la misma. Muestran un valor alto (0,99), lo que significa que hay agua libre disponible para reacciones químicas y que además permite el crecimiento microbiano, lo cual es un problema en la conservación de alimentos, sin embargo, un almacenamiento en condiciones apropiadas permite un periodo de vida útil adecuado (**León et al., 2018**).

Respecto al contenido de calorías, las muestras que contienen harina de cultivos andinos tienen valores más altos en contraste con el control, probablemente atribuidos a la composición nutricional de los tubérculos (carbohidratos, proteína y grasa) que contribuyen a incrementar el valor calórico.

Tabla 5. Composición proximal y valor calórico del yogur

Parámetros	Control	Camote amarillo	Oca amarilla
Humedad	88,21±0,20 ^a	86,07±0,10 ^b	86,02±0,10 ^b
Proteína	2,96±0,05 ^b	3,17±0,05 ^a	3,17±0,05 ^a
Grasa	3,92±0,05 ^b	4,15±0,05 ^a	4,13±0,05 ^a
CH	3,77±0,35 ^a	3,83±0,13 ^a	3,66±0,21 ^a
Fibra	0,58±0,05 ^c	2,09±0,05 ^b	2,39±0,05 ^a
Cenizas	0,56±0,02 ^c	0,69±0,02 ^a	0,63±0,00 ^b
Actividad de agua	0,99±0,00 ^a	0,99±0,00 ^a	0,99±0,00 ^a
Calorías (Kcal/100g)	63,36±0,20 ^b	69,55±0,20 ^a	69,26±0,20 ^a
Cal de la grasa (%)	35,28±0,45 ^b	37,35±0,45 ^a	37,17±0,45 ^a
Cal de carbohidratos (%)	50,35±0,99 ^b	52,69±0,40 ^a	51,80±0,48 ^{ab}
Cal de la proteína (%)	11,84±0,20 ^b	12,68±0,20 ^a	12,68±0,20 ^a

3.3.2 Viscosidad aparente

La viscosidad es un parámetro que describe el espesor de una sustancia, puede variar de acuerdo a factores como la composición de la sustancia, el tiempo de acidificación, la cantidad de sólidos y grasa y de acuerdo al tiempo de almacenamiento (**Basiri et al., 2018**).

En la Figura 3 se muestran los resultados de la viscosidad de las muestras de yogur desarrolladas con harinas de cultivos andinos y la muestra control. La viscosidad de los yogures muestra una tendencia decreciente en relación a la velocidad de deformación, es decir, la viscosidad disminuye con el tiempo de almacenamiento; esto se atribuye a que, en el proceso de almacenamiento, el yogur puede liberar suero o agua debido a la contracción de la red de proteínas y a la liberación de agua atrapada

en el gel, lo cual produce la separación del suero y la pérdida de consistencia (Haq et al., 2019).

La muestra con harina de oca amarilla posee mayor viscosidad en comparación con el control y el yogur con harina de camote amarillo, esto se debe al contenido de almidón y proteína que proporcionan las harinas de tubérculos; la viscosidad alta de la muestra con harina de oca amarilla se debe a que este tubérculo posee mayor contenido de proteína en comparación con el camote amarillo (Pacheco et al., 2020). Los resultados obtenidos son semejantes a los presentados en un estudio donde se elaboró yogur con oca amarilla, donde se observó que la adición de oca amarilla puede mejorar la viscosidad del producto (Pilataxi Cañarejo, 2016), esto se atribuye probablemente a las propiedades gelatinizantes y espesantes de la harina, debido a que el almidón de la harina absorbe agua y forma una red molecular, creando una textura más espesa, lo que describe un aumento de la viscosidad (Ahmad et al., 2023; Estrella Erazo et al., 2021). Igualmente, a medida que aumenta la porción de harina agregada aumenta la viscosidad (El-Attar et al., 2022; Haq et al., 2019).

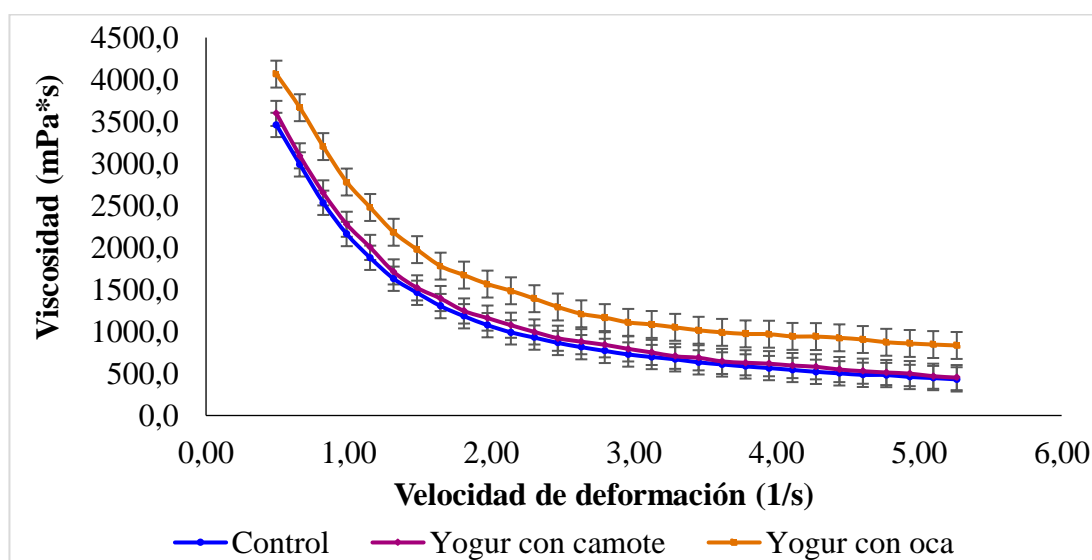


Figura 3. Viscosidad (mPa*s) en las muestras de yogur entero: control, camote amarillo y oca amarilla en 21 días de almacenamiento a 4°C.

En términos generales, el yogur muestra un comportamiento de fluido no newtoniano ya que la viscosidad disminuye en dependencia del tiempo y puede cambiar de acuerdo

al esfuerzo aplicado, es así que la reología utiliza la ley de potencia para describir el comportamiento reológico del yogur (Haq et al., 2019).

En la Tabla 8 se muestra el comportamiento reológico del yogur según la ley de la potencia. Las muestras de yogures con harinas de cultivos andinos y el control presentan un comportamiento pseudoplástico debido a que el índice de comportamiento es $n < 1$. Resultados similares se obtuvieron en un estudio donde se evaluó el efecto de almidones sobre los atributos reológicos del yogur, se incorporaron harinas de papa, camote, garbanzo y frejol, y se observó que presentaron un comportamiento pseudoplástico (Saleh et al., 2020). Estos resultados coinciden con los alcanzados en este estudio, probablemente atribuidos a que la viscosidad disminuye a medida que se incrementa la velocidad de deformación.

Tabla 6. Modelo que describe el comportamiento reológico de las muestras de yogur

Tratamientos	Ecuación	Coefficiente de determinación
Control	$\eta = 2029,4\gamma^{0,069}$	0,9892
Camote amarillo	$\eta = 1881,2\gamma^{0,077}$	0,9981
Oca amarilla	$\eta = 2254,9\gamma^{0,137}$	0,9869

3.3.3 Consistencia

En la Tabla 9 se muestra los resultados de consistencia de las muestras de yogur desarrolladas con harinas de cultivos andinos y la muestra control. Los valores obtenidos indican que la muestra con harina de oca amarilla presenta la consistencia más alta, mientras que el control es la muestra menos consistente. Resultados similares se obtuvieron en yogures desarrollados con harina de camote; El-Attar et al. (2022) incorporaron porcentajes de harina desde 0,5 hasta 4 %, y la consistencia incrementó a medida que se añadió mayor porción de harina. De igual forma, en otro estudio que evaluó las características fisicoquímicas y sensoriales del yogur con la influencia de harina de quinua se observa el aumento de la viscosidad previa adición de hasta el 1 % de harina de quinua (Sekhavatizadeh et al., 2022).

Estos resultados son similares a los obtenidos en este estudio, probablemente atribuidos a la gelatinización del almidón, ya que en la gelatinización se absorbe agua y se forma una estructura gelatinosa, por tanto aumenta la viscosidad; además, se debe al mayor contenido de sólidos, el cual se relaciona con mayor espesor y a la mayor capacidad de retención de agua o a las interacciones proteína-harina debido a la formación de complejos entre sí (Saleh et al., 2020).

Tabla 7. Consistencia de las muestras de yogur

Muestra	Consistencia (cm)	Temperatura (°C)
Control	21,5±0,50	7,3
Camote amarillo	19,5±0,50	8
Oca amarilla	14±0,00	8

3.3.4 Estabilidad de pH, acidez titulable y color

En las Figuras 4, 5, 6, 7 y 8 se muestran los resultados de la evolución de los parámetros físico químicos (pH, acidez y color) de las muestras de yogur con la inclusión de harinas de camote amarillo, oca amarilla y el control durante 21 días.

En la Figura 4 se observa que no existe diferencia significativa entre los valores de pH del control con las muestras con harinas de cultivos andinos, debido a que la porción agregada de harina no es representativa para provocar cambios significativos en las propiedades fisicoquímicas del yogur. En todas las muestras el pH disminuyó durante el almacenamiento, podría ser consecuencia de que las bacterias lácticas continúan metabolizando la lactosa y produciendo ácido láctico, por tanto, desciende el pH e incrementa la acidez del yogur (Simijaca Salcedo et al., 2018). En un estudio donde se desarrolló yogur con harina de quinua, donde se incorporó un 0,8 % de harina, se observó que el yogur presentó un pH de 4,29 al cabo de unos días de almacenamiento (Estrella Erazo et al., 2021), dicho valor es semejante al pH de las muestras que contienen harina de camote amarillo y oca amarilla que al cabo de 21 días presentaron pH de 4,33 y 4,27 respectivamente. Estos resultados concuerdan con los obtenidos en este estudio, probablemente debido a la actividad microbiana de las bacterias ácido lácticas presentes en el yogur.

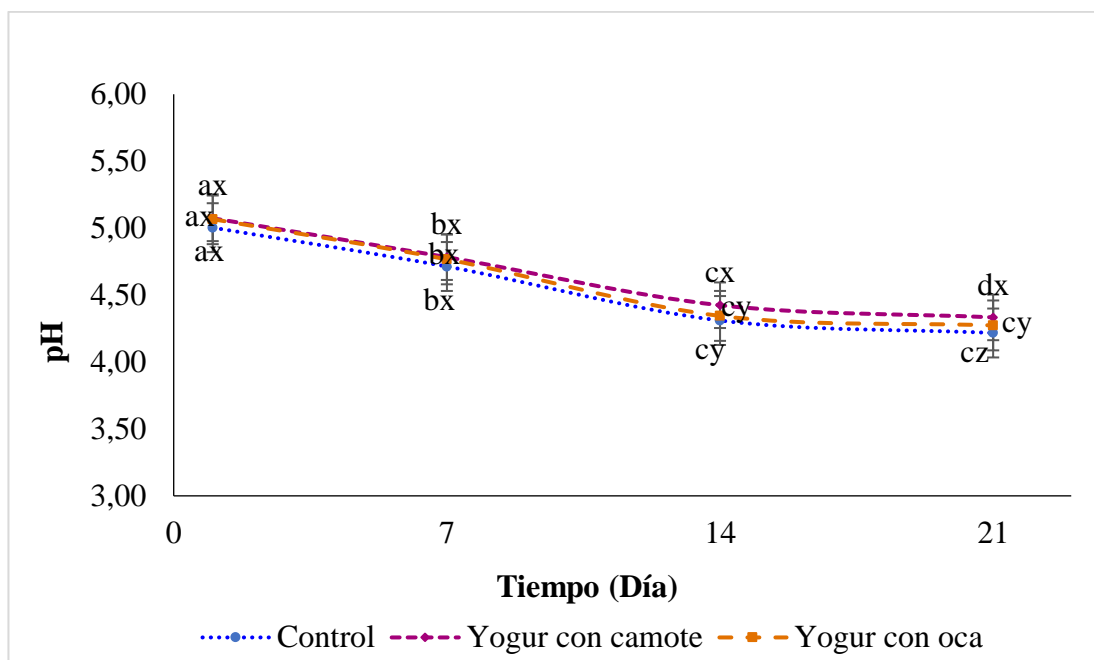


Figura 4. Evolución de pH en las muestras de yogur entero control, camote amarillo y oca amarilla en 21 días de almacenamiento a 4°C. Medias con letras diferentes (a,b,c,d) indican diferencias significativas en cada tratamiento ($p \leq 0,05$). Medias con letras diferentes (x, y, z) significativas entre muestras al mismo tiempo ($p \leq 0,05$).

En la Figura 5 se presentan los resultados de la evolución de acidez de las muestras de yogur con harinas de camote amarillo, oca amarilla y el control durante 21 días. La acidez de todas las muestras mostró un aumento durante el almacenamiento. Esto se puede atribuir al efecto microbiano que se da en este tipo de fermentaciones en donde las Bacterias Ácido Lácticas (BAL) transforman la lactosa de la leche en ácido láctico (Simijaca Salcedo et al., 2018).

La acidez de las muestras indica valores ascendentes conforme pasa el tiempo. En un estudio donde se elaboró yogur con harina de camote, se indica que la adición de harina no genera efecto sobre la acidez, ya que el responsable directo es el contenido de ácido láctico, el yogur presentó una acidez de 1,17 % de ácido láctico al cabo de unos días de almacenamiento, dicho valor es semejante a la acidez de las muestras que contienen harina de camote amarillo y oca amarilla, que al cabo de 21 días presentaron valores de 1,29 % y 1,33 % de ácido láctico respectivamente. El **Codex alimentario (2003)**, indica que el yogur debe tener un mínimo de 0,6 % de acidez expresado en ácido

láctico. Lo que significa que los valores de acidez de las muestras de yogur con harinas de camote amarillo y oca amarilla están dentro del rango establecido por la norma.

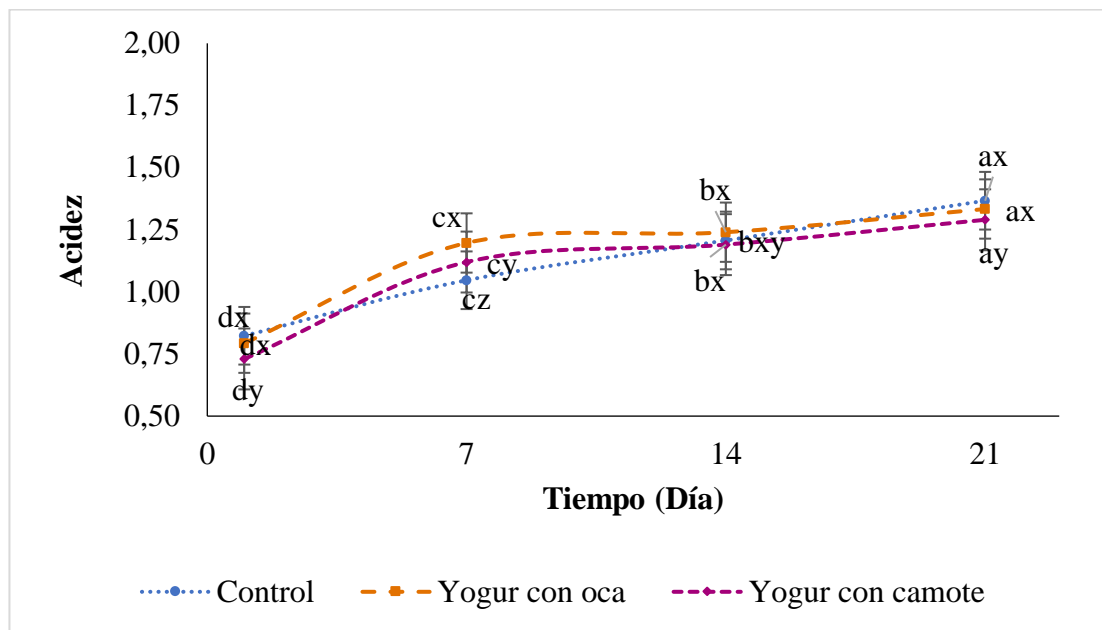


Figura 5. Evolución de acidez en las muestras de yogur entero: control, camote amarillo y oca amarilla en 21 días de almacenamiento a 4°C. Medias con letras diferentes (a,b,c,d) indican diferencias significativas en cada tratamiento ($p \leq 0,05$). Medias con letras diferentes (x, y, z) indican diferencias significativas entre muestras al mismo tiempo ($p \leq 0,05$).

El color proporciona información sobre la calidad y composición de un producto, donde la tonalidad puede variar de acuerdo al procesamiento, almacenamiento y tiempo de vida útil (El-Aidie et al., 2021). En la Figura 6 se observa los resultados de la evolución de luminosidad (L^*) de las muestras de yogur con harina de camote amarillo y oca amarilla y la muestra control. La luminosidad de los yogures evidencia que la muestra con harina de camote amarillo presenta el valor más alto al cabo de 21 días de almacenamiento, mientras que, la luminosidad se mantiene constante en la muestra control a partir del día 7. En un estudio donde se analizó el color del yogur con harina de camote naranja se observa que la adición de harina provoca un aumento de luminosidad (Kunfu, 2023). Estos resultados concuerdan con los obtenidos, probablemente es resultado de los pigmentos presentes en las harinas, ya que los

carotenoides pueden reflejar la luz y brindar un aspecto más brillante (Sekhavatizadeh et al., 2022).

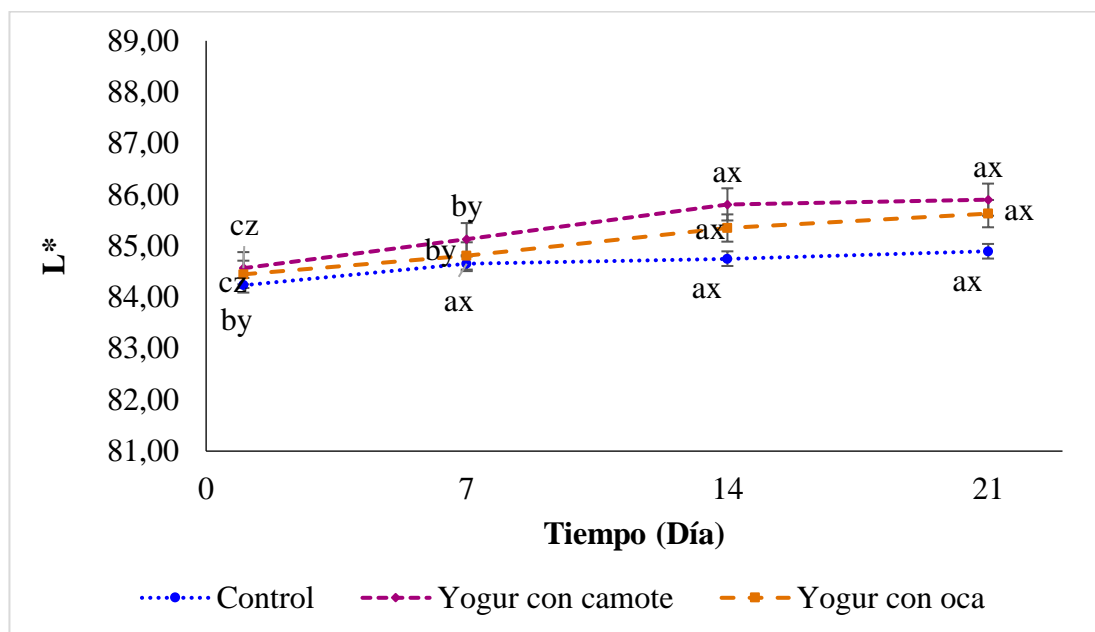


Figura 6. Análisis de luminosidad (L^*) en las muestras de yogur entero: control, camote amarillo y oca amarilla en 21 días de almacenamiento a 4°C. Medias con letras diferentes (a,b,c,d) indican diferencias significativas en cada tratamiento ($p \leq 0,05$). Medias con letras diferentes (x, y, z) indican diferencias significativas entre muestras al mismo tiempo ($p \leq 0,05$).

En la Figura 7 se observa los resultados de la evolución de color (a^*) de las muestras de yogur con harinas y el control. Todas las muestras presentaron valores negativos en a^* , estos valores se pueden atribuir a la separación del suero debido a que la estructura del coágulo es débil (Chudy et al., 2020). Sin embargo, las muestras con harina de camote amarillo y oca amarillo muestran una tendencia hacia los rojos. Resultados similares se obtuvieron en yogures elaborados con harina de camote naranja, donde se reportó que el valor de a^* al cabo de 14 días de almacenamiento muestra un incremento hacia los rojos (Kunfu, 2023), esto se atribuye al contenido de carotenoides que proporcionan las harinas de los tubérculos utilizados al yogur, ya que son responsables del color amarillo, naranja y rojo.

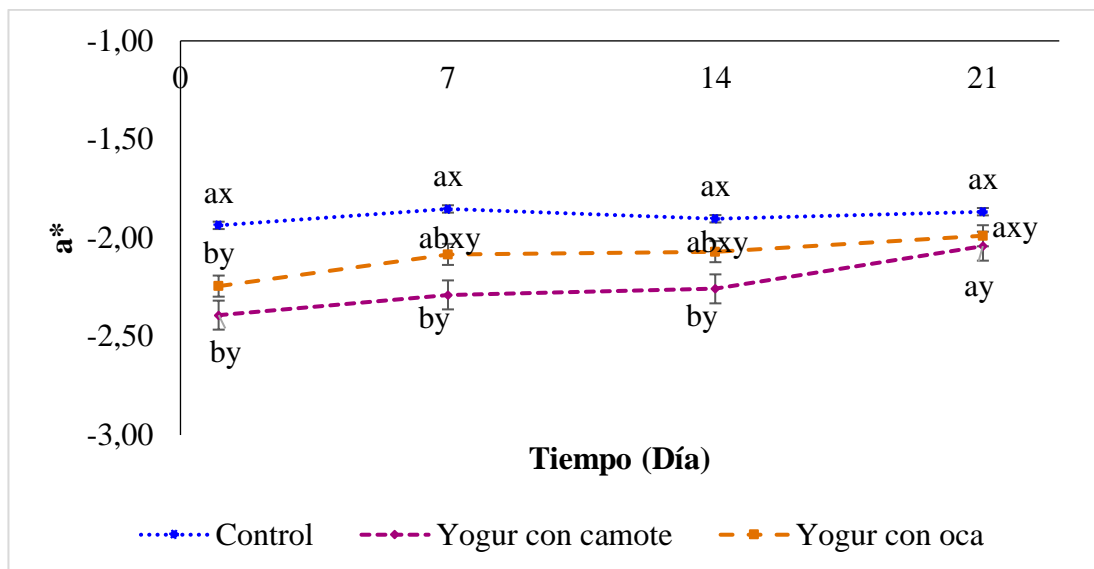


Figura 7. Análisis de color rojos/verdes (a^*) en las muestras de yogur entero: control, camote amarillo y oca amarilla en 21 días de almacenamiento a 4°C. Medias con letras diferentes (a,b,c,d) indican diferencias significativas en cada tratamiento ($p \leq 0,05$). Medias con letras diferentes (x, y, z) indican diferencias significativas entre muestras al mismo tiempo ($p \leq 0,05$).

En la Figura 8 se observa los resultados de la evolución de color (b^*) de las muestras de yogur con harinas de cultivos andinos y del control. La muestra con harina de camote amarillo muestra un incremento del valor b^* durante el almacenamiento, es decir muestra una tendencia hacia los amarillos, posiblemente debido a la naturaleza del color de la harina. Una tendencia similar se observó en un yogur elaborado con harina de camote naranja, donde se obtuvo valores crecientes de b^* en un periodo de almacenamiento de 14 días (Kunfu, 2023). Estos resultados concuerdan con los obtenidos en este estudio probablemente debido a los carotenoides presentes en la harina. Mientras que, la muestra con harina de oca amarilla tiene una inclinación hacia los azules, esto se le atribuye eventualmente a la disminución del pH, además Abdeldaiem et al. (2023) mencionan que, de acuerdo a la porción de harina se generan cambios bruscos en el color.

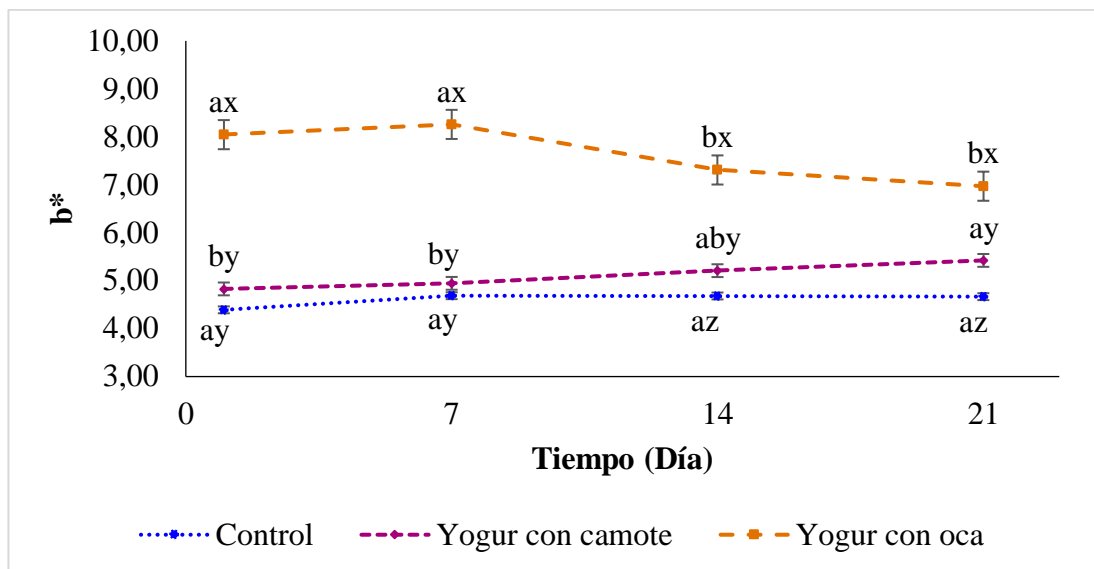


Figura 8. Análisis de color amarillos/azules (b^*) en las muestras de yogur entero: control, camote amarillo y oca amarilla en 21 días de almacenamiento a 4°C. Medias con letras diferentes (a,b,c,d) indican diferencias significativas en cada tratamiento ($p \leq 0,05$). Medias con letras diferentes (x, y, z) indican diferencias significativas entre muestras al mismo tiempo ($p \leq 0,05$).

3.4 Análisis sensorial

El análisis sensorial implica la evaluación de las características organolépticas por medio de los sentidos para determinar la calidad, aceptabilidad y preferencia de los consumidores (Sekhavatizadeh et al., 2022). En la Figura 9 se muestran los resultados del análisis sensorial de las muestras de yogur con harinas de cultivos andinos y del control. El yogur evaluado que muestra mayor aceptabilidad es la muestra con harina de oca amarilla, así mismo es la muestra con olor, sabor y viscosidad mayor puntuado de acuerdo a la escala hedónica. Resultados semejantes se obtuvieron en un estudio donde se desarrolló una bebida fermentada con harina de camote, la cual evidencia que el producto tiene una gran aceptación sensorial (Gavilanes et al., 2018). Los resultados obtenidos se pueden atribuir a que las nuevas tendencias de consumo se inclinan a productos lácteos fortificados con frutas, verduras y tubérculos que otorguen mayor valor nutricional e incrementen su aceptación sensorial (Moro et al., 2015),

basado en la **NTE INEN 2395 (2011)** que permite la adición de ingredientes naturales en leches fermentadas en cantidades no mayor al 30 % del peso total del producto.

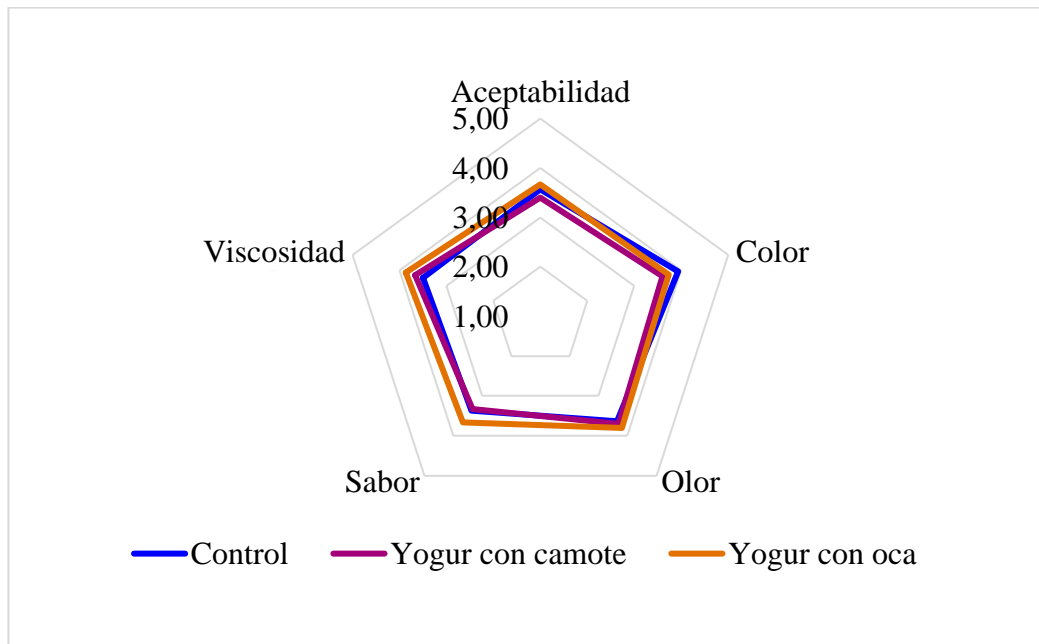


Figura 9. Análisis de las propiedades organolépticas de las muestras de yogur entero: control, camote amarillo y oca amarilla en 21 días de almacenamiento a 4°C.

3.5 Verificación de hipótesis

A través del análisis estadístico ANOVA y Tukey con un valor de significancia ($p \leq 0,05$), se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa; por tanto, la adición de harina de camote amarillo u oca amarilla contribuye a mejorar las propiedades fisicoquímicas y sensoriales, y genera un incremento de viscosidad del yogur entero.

CAPÍTULO 4

4.1. Conclusiones

- La incorporación de harina de camote amarillo y oca amarilla en el yogur es una estrategia idónea para valorizar los cultivos andinos y fortalecer el contenido nutricional de otros alimentos. Los tratamientos previos con porcentajes de harina entre 0,3 y 0,9 %, indican que la formulación óptima del yogur entero con la inclusión de harina de cultivos andinos incluye el 0,9 % de contenido de harina, ya que en dicho porcentaje de harina se presentó un buen índice de aceptabilidad, una formación de gel muy buena y una sinéresis baja. Además, la viscosidad indicó que hay una relación proporcional entre la dosis agregada y el grado de viscosidad, es así que a mayor dosis agregada la viscosidad será mayor.
- La inclusión de harinas de cultivos andinos (0,9 %) en el yogur mostró efectos potenciales sobre la composición proximal, provocó un incremento en el contenido de proteína, grasa, fibra, cenizas y valor calórico. Por otro lado, la incorporación de harinas no guarda relación directa sobre las propiedades fisicoquímicas del yogur, ya que no se evidenció diferencias significativas en cuanto a pH y acidez entre las muestras con harina de camote amarillo y oca amarilla con el control. Además, las muestras de yogur con harina de oca amarilla y camote amarillo reflejan la influencia del contenido de harina sobre las propiedades espesantes en un aumento de viscosidad y consistencia del alimento.
- El yogur con harina de oca amarilla es un producto con alta aceptabilidad sensorial, es una buena alternativa para cubrir las necesidades de los consumidores, en base a la preferencia por productos lácteos fortificados con ingredientes naturales. Esta muestra presentó los valores más altos en cuanto a aceptabilidad, olor, sabor y viscosidad del análisis sensorial; es decir que la adición de harina de oca amarilla generó un impacto positivo en los atributos sensoriales y viscosidad del yogur.

4.2. Recomendaciones

- Es necesario realizar un análisis microbiológico del producto para cuantificar la cantidad de microorganismos en el yogur y de esta forma establecer la influencia de la harina en el tiempo de vida útil del producto.
- Es de vital importancia realizar un análisis de costos para determinar si la elaboración de yogur con harinas de cultivos andinos es rentable o no.

MATERIALES DE REFERENCIA

Referencias bibliográficas

- Abdeldaiem, A. M., Ali, A. H., Shah, N., Ayyash, M., & Mousa, A. H. J. L. (2023). Physicochemical analysis, rheological properties, and sensory evaluation of yogurt drink supplemented with roasted barley powder. *173*, 114319.
- Afiati, F., Priadi, G., & Setiyoningrum, F. J. J. I. t. a. a. (2018). The improvement of functional food in yogurt enriched with purple sweet potato (*Ipomea batatas* var. Ayamurasaki). *43*(2), 159-168.
- Ahmad, I., Xiong, Z., Xiong, H., Aadil, R. M., Khalid, N., Lakhoo, A. B. J., . . . Wellness, H. (2023). Physicochemical, rheological and antioxidant profiling of yogurt prepared from non-enzymatically and enzymatically hydrolyzed potato powder under refrigeration. *12*(1), 69-78.
- AOAC 101.92. (2005). *Official methods of analysis of AOAC International*. Gaithersburg, Md.: AOAC International Retrieved from <https://www.worldcat.org/es/title/official-methods-of-analysis-of-aoac-international/oclc/44761301>
- AOAC 711.02.023. (2015). *Determinación de humedad en alimentos. Método de estufa universal y/o estufa de vacío*. Retrieved from file:///C:/Users/HP/Downloads/nanopdf.com_me-711-02-023-v3-determinacion-de-humedad-en-alimentos.pdf
- AOAC 911.20. (2015). *Official methods of analysis of AOAC International* (17th ed ed.). Gaithersburg, Md.: AOAC International.
- AOAC 930.30. (2016). *Official methods of analysis of AOAC International*. Gaithersburg, Md.: AOAC International Retrieved from <https://www.worldcat.org/es/title/official-methods-of-analysis-of-aoac-international/oclc/44761301>
- AOAC 985.29. (2003). *Official methods of analysis of AOAC International* (17th ed ed.). Gaithersburg, Md.: AOAC International.
- Babio, N., Mena-Sánchez, G., & Salas-Salvadó, J. (2017). Más allá del valor nutricional del yogur: ¿un indicador de la calidad de la dieta? *Nutrición Hospitalaria*, *34*(4), 26-30.

- Basiri, S., Haidary, N., Shekarforoush, S. S., & Niakousari, M. J. C. P. (2018). Flaxseed mucilage: A natural stabilizer in stirred yogurt. *187*, 59-65.
- Boukid, F., Comaposada, J., Ribas-Agustí, A., & Castellari, M. J. F. (2021). Development of High-Protein Vegetable Creams by Using Single-Cell Ingredients from Some Microalgae Species. *10*(11), 2550.
- Carrillo, Y. F. (2018). *Fabricación y caracterización de un yogurt batido con reducción de ácidos grasos saturados y fuente de omega-9*. Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana, 2018.,
- Cartabiano-Leite, C. E., Porcu, O. M., & De Casas, A. F. J. h. (2020). Sweet potato (*Ipomoea batatas* L. Lam) nutritional potential and social relevance: a review. *11*, 23-40.
- Castañeta, G., Castañeta, R., & Peñarrieta, J. M. J. R. B. d. Q. (2022). Cambios fisicoquímicos por exposición a la radiación solar en tubérculos de oxalis tuberosa, “oca” cultivados en Bolivia. *39*(2), 18-29.
- Chudy, S., Biliska, A., Kowalski, R., & Teichert, J. (2020). Colour of milk and milk products in CIE L*a*b* space. *Medycyna weterynaryjna*, *76*, 77-81. doi:10.21521/mw.6327
- Codex alimentario. (2003). Norma para leches fermentadas, CXS 243-2003 C.F.R.
- El-Aidie, S., Elsayed, N., Hashem, M., Elkashef, H. J. J. o. F., & Research, N. (2021). Development of fermented skimmed milk fortified with yellow sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) with prebiotic and antioxidant activity. *60*(1).
- El-Attar, A., Ahmed, N. E.-H., Zaki, S. M., & El-Soda, M. (2022). A Study on the Impact of Sweet Potato Flour Supplementation on Yoghurt Quality. *87*-107.
- Escobar-Puentes, A. A., Palomo, I., Rodríguez, L., Fuentes, E., Villegas-Ochoa, M. A., González-Aguilar, G. A., . . . Wall-Medrano, A. (2022). Sweet Potato (*Ipomoea batatas* L.) Phenotypes: From Agroindustry to Health Effects. *Foods*, *11*(7). doi:10.3390/foods11071058
- Espino Manzano, S. O. (2019). Uso de harina de papa roja (*Oxalis tuberosa*) en la elaboración de pan tipo danés (croissant), con actividad funcional, reducido en grasa saturada libre de gluten.
- Estrella Erazo, F. M., Anchundia Lucas, M. Á., & Yambay Vallejo, W. J. J. S. (2021). Evaluación de las características fisicoquímicas de yogurt con probiótico

- bifidobacterium spp. formulado con jalea de uvilla y harina de quinua. *16*(2), 108-121.
- Gauto, S. R. A., Segovia, L. M. A. B., & Kressin, Y. R. (2022). Incorporación de harinas no convencionales derivadas de frutas en un producto de panificación. *2*(1), 16-28.
- Gavilanes, P. I., Zambrano, Á. M., Romero, C. F., & Moro, A. (2018). Evaluación de una bebida láctea fermentada novel a base de lactosuero y harina de camote. *(19)*, 47-60.
- Gómez-Gallego, C., Gueimonde, M., & Salminen, S. (2018). The role of yogurt in food-based dietary guidelines. *Nutrition Reviews*, *76*(Supplement_1), 29-39. doi:10.1093/nutrit/nuy059 %J Nutrition Reviews
- Guzmán Martínez, O. (2020). Elaboración de yogurt aflanado a partir de una fermentación que emplea como estabilizante un agente gelificante.
- Haq, F. U., Sameen, A., Zaman, Q. u., Mushtaq, B. S., Hussain, M. B., Javed, A., . . . Mohammad, S. A. (2019). Development and evaluation of yogurt supplemented with lentil flour
- Issa, A. T., Schimmel, K. A., Worku, M., Shahbazi, A., Ibrahim, S. A., & Tahergorabi, R. (2018). Sweet Potato Starch-Based Nanocomposites: Development, Characterization, and Biodegradability. *70*(7-8), 1700273. doi:https://doi.org/10.1002/star.201700273
- Jiang, T., Ye, S., Liao, W., Wu, M., He, J., Mateus, N., & Oliveira, H. (2022). The botanical profile, phytochemistry, biological activities and protected-delivery systems for purple sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.): An up-to-date review. *Food Research International*, *161*, 111811. doi:https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111811
- Kaur, B., Quek, R. Y. C., Ng, G. C. F., Ponnalagu, S., & Henry, C. (2022). Comparison of boba pearls made from tapioca starch and other unconventional flours and starches: Their glycaemic response (GR). *28*(3).
- Kunfu, A. (2023). The production and characteristics of an orange fleshed sweet potato yogurt
- Lema Muñoz, S. Y. (2022). *El consumo de oca en la soberanía alimentaria en el Cantón Otavalo en la comunidad de Agato, durante el periodo 2021*. PUCE-Quito,

- León, A., Toledo, V., Segura, M., Vargas, M., Tamayo, J., & Pacheco, C. J. R. D. C. D. G. E. I. (2018). Elaboración de un yogurt funcional adicionado con harina de chía (*Salvia hispanica*) 77.
- Lopera-Marín, J., Angulo-Arizala, J., Murgueitio Restrepo, E., & Mahecha-Ledesma, L. J. L. R. R. D. (2020). Producción de tubérculos y biomasa aérea del yacón, *Smallanthus sonchifolius* (Poepp.) H. Rob.(Asteraceae), para alimentación animal en el trópico alto colombiano. 32(8).
- 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. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2020.100270>
- Medina Rodríguez, M., Tapia Tutistar, A. D., & Jaramillo Yepes, F. (2021). Yogur con extracto de remolacha, potencial funcional de reducción de la presión arterial alta.
- 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*). 21(2), 449-456.
- Mendieta Rodriguez, M. E. (2023). *Evaluación de las características fisicoquímicas y microbiológicas de un yogur con quinua germinada (chenopodium quinoa willd) proveniente de cundinamarca.*
- Meneses Mariño, W. J. (2021). Uso potencial de harina de raíces y tubérculos andinos en la industria alimentaria.
- Molero-Méndez, M., Aiello-Mazzarri, C., Araujo-Morillo, J., & Briñez-Zambrano, W. (2017). Calidad físico-química, microbiológica y vida útil de bebidas probióticas fermentadas a base de lactosuero
- Moro, A., Librán, C. M., Berruga, M. I., Carmona, M., Zalacain, A. J. J. o. t. S. o. F., & Agriculture. (2015). Dairy matrix effect on the transference of rosemary (*Rosmarinus officinalis*) essential oil compounds during cheese making. 95(7), 1507-1513.
- Mu, T.-H., & Jaspreet, S. (2019). Chapter 1 - Sweet potato: chemistry, processing, and nutrition—an introduction. In T.-H. Mu & J. Singh (Eds.), *Sweet Potato* (pp. 1-4): Academic Press.

- NTE INEN-ISO 2446. (2013). *Leche - Determinación del contenido de grasa (IDT)*. Retrieved from <https://docplayer.es/71400788-Norma-tecnica-ecuatoriana-nte-inen-iso.html>
- NTE INEN 9. (2012). *Leche cruda Requisitos*. Retrieved from <https://www.gob.ec/regulaciones/nte-inen-9-leche-cruda-requisitos#>
- NTE INEN 12. (2012). *Leche. Determinación del contenido de grasa*.
- NTE INEN 13. (2012). *Leche. Determinación de la acidez titulable*. Retrieved from <https://ia801901.us.archive.org/31/items/ec.nte.0013.1984/ec.nte.0013.1984.pdf>
- NTE INEN 526. (2012). *Harinas de origen vegetal. Determinación de la concentración de ión hidrógeno o pH*. Retrieved from <https://dokumen.tips/documents/nte-inen-526-2012ph-de-harina.html?page=1>
- NTE INEN 2395. (2011). *Leches fermentadas. Requisitos*.
- Ocaña Palacios, I. A. (2019). *Caracterización fisicoquímica, nutricional y reológica de cultivos andinos infrautilizados*. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos ...,
- Ochoa-Martínez, L. A., Luna-Solís, H. A., & Bermúdez-Quiñones, G. J. T. C. (2021). Almidón de camote: Modificaciones enzimáticas, físicas y químicas. *15*(3), 854-854.
- Omar, H., Amal, M., Ahamed, M., & Hassaan, H. (2019). Production of functional bio-yoghurt made from camel milk, skim milk retentate and fortified with sweet potato powder. *97*(2), 441-458.
- Orozco, G. V., & Cáceres, A. M. (2020). *Valoración del contenido de fibra y proteína en siete categorías de alimentos procesados y ultra procesados de las tablas de composición de alimentos del INCAP*. Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana, 2020.,
- Pacheco, M. T., Hernández-Hernández, O., Moreno, F. J., & Villamiel, M. J. F. B. (2020). Andean tubers grown in Ecuador: New sources of functional ingredients. *35*, 100601.
- Perez, L., Sánchez, H., Cando, V., Sánchez, Á., Salazar, D. M. J. A. J. o. F., Agriculture, Nutrition, & Development. (2022). Fortification of low-fat yogurt with melloco flour (*Ullucus tuberosus*): Physicochemical and rheological effects. *22*(10), 22041-22058.

- Pilataxi Cañarejo, A. (2016). *Utilización de la oca (oxalis tuberosa) para la elaboración de yogurt. Riobamba 2014*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo,
- Romero, M. (2018). Análisis de referencia en la leche descremada en polvo para la modificación en las formulaciones que se elaboran en Fabrica LALA Veracruz.
- Sáenz, S. J. R. d. M. V. (2019). Hay mucho que investigar en las raíces y tubérculos andinos. (38), 7-13.
- Salazar, D., Arancibia, M., Ocaña, I., Rodríguez-Maecker, R., Bedón, M., López-Caballero, M. E., & Montero, M. P. J. A. (2021). Characterization and technological potential of underutilized ancestral andean crop flours from Ecuador. *11*(9), 1693.
- Salazar Garcés, D. M. (2022). Caracterización y aptitud tecnológica de residuos agroindustriales y cultivos andinos para el diseño y desarrollo de alimentos.
- Saleh, A., Mohamed, A. A., Alamri, M. S., Hussain, S., Qasem, A. A., & Ibraheem, M. A. (2020). Effect of Different Starches on the Rheological, Sensory and Storage Attributes of Non-fat Set Yogurt. *Foods*, 9(1). doi:10.3390/foods9010061
- Sánchez, F., Mejía, N., & Ramos, M. J. R. (2022). Potencialidad del uso de oca (*Oxalis tuberosa*) como ingrediente principal para mermelad. 2(2).
- Sánchez Moreno, A. E. (2018). *Efecto de la adición de harina de melloco (Ullucus Tuberosus) variedad amarillo (INIAP-Quillu) en las propiedades fisicoquímicas y reológicas del yogurt bajo en grasa*. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos ...,
- Sekhvatizadeh, S. S., Mirzaee, N., Golmakani, M.-T., & Hosseinzadeh, S. (2022). Physicochemical and sensory characteristics of Kashk as influenced by quinoa flour addition. *11*(5), e3438-e3438.
- Simijaca Salcedo, S. A., Malaver Vanegas, L. P., Castillo, M. T., & Parra Huertas, R. A. (2018). Características fisicoquímicas, sensoriales y reológicas de un yogurt con almíbar y pétalos de rosas en refrigeración.
- Suwannaphan, S. J. I. F. R. J. (2022). Quality evaluation of non-fat goat milk yogurt supplemented with purple sweet potato flour. 29(6).
- Uscanga-Domínguez, L., Orozco-García, I., Vázquez-Frias, R., Aceves-Tavares, G., Albrecht-Junghans, R., Amieva-Balmori, M., . . . Campos-Gutiérrez, J. J. R.

- d. g. d. M. (2019). Posición técnica sobre la leche y derivados lácteos en la salud y en la enfermedad del adulto de la Asociación Mexicana de Gastroenterología y la Asociación Mexicana de Gerontología y Geriátrica. *84*(3), 357-371.
- Vidal, A. R., Zaucedo-Zuñiga, A. L., & Ramos-García, M. d. L. J. R. I. d. T. P. (2018). Propiedades nutrimentales del camote (*Ipomoea batatas* L.) y sus beneficios en la salud humana. *19*(2).
- Villamil, R. A., Robelto, G. E., Mendoza, M. C., Guzmán, M. P., Cortés, L. Y., Méndez, C. A., & Giha, V. J. R. c. d. n. (2020). Desarrollo de productos lácteos funcionales y sus implicaciones en la salud: Una revisión de literatura. *47*(6), 1018-1028.
- Zamorán Murillo, D. J. (2020). Manual de procesamiento lácteo.
- Zavaleta Sánchez, J. L. (2019). Caracterización reológica de almidón de Arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*), Camote (*Ipomoea batatas*) y Oca (*Oxalis tuberosa*).
- Zhang, L., Gao, Y., Deng, B., Ru, W., Tong, C., & Bao, J. J. F. i. N. (2022). Physicochemical, nutritional, and antioxidant properties in seven sweet potato flours. *9*, 923257.
- Zhu, F., & Cui, R. (2019). Comparison of molecular structure of oca (*Oxalis tuberosa*), potato, and maize starches. *Food Chemistry*, *296*, 116-122. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.05.192>

ANEXOS

Anexo 1. Resultados de análisis de grasa, proteína y fibra (LACONAL)



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

CERTIFICADO DE ANALISIS DE LABORATORIO

01006

Certificado No: 23-079		R01-7.8.03				
Solicitud N°: 23-079		Pág.: 1 de 1				
Fecha recepción: 17 de Mayo de 2023	Fecha de ejecución de ensayos: 18 al 24 de Mayo de 2023					
Información del cliente:						
Empresa:	C.I./RUC: 1804993697					
Representante: PAMELA VENEGAS	TIF: 0980564840					
Dirección: AMBATO	E mail: pvenegas3697@uta.edu.ec					
Ciudad: AMBATO						
Descripción de las muestras:						
Producto: Yogur entero con camote amarillo; Yogur entero con oca am	Peso:	200g cada muestra				
Marca comercial: n/a	Tipo de envase:	Envase plástico				
Lote: n/a	No de muestras:	dos				
F. Elb.: n/a	F. Exp.:	N/A				
Conservación: Ambiente; Refrigeración: X Congelación	Almac. en Lab:	30 días				
Cierres seguridad: Ninguno: X Intactos: Rotos:	Muestreo por el cliente:	15 de Mayo de 2023				
RESULTADOS OBTENIDOS						
Muestras	Código del laboratorio	Código cliente	Ensayos solicitados/Técnica	Métodos utilizados	Unidades	Resultados
Yogur entero con camote amarillo	07923173	Ninguna	Proteína, Kjeldhal	AOAC 991.2. Ed. 21, 2019	% (Nx6,25)	3,17
			Grasa, Gravimetría	AOAC Ed. 21, 2019 2003.06	%	4,15
			Fibra dietética total, Gravimétrico-Enzimática	AOAC 985.29. Ed. 21, 2019	%	2,09
Yogur entero con oca amarilla	07923174	Ninguna	Proteína, Kjeldhal	AOAC 991.2. Ed. 21, 2019	% (Nx6,25)	3,17
			Grasa, Gravimetría	AOAC Ed. 21, 2019 2003.06	%	4,13
			Fibra dietética total, Gravimétrico-Enzimática	AOAC 985.29. Ed. 21, 2019	%	2,39

Anexo 2. Hoja de cata para las muestras de yogur con harina y el control

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA
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 3 muestras, cada identificada como muestra 1-2-3
- 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 galleta y tome un sorbo de agua para poder limpiar su paladar, y continúe con la siguiente muestra.

Característica	Alternativa	Muestras		
		Muestra 1 (MCYE)	Muestra 2 (MCE01)	Muestra 3 (MOE02)
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			
SABOR	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			
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!

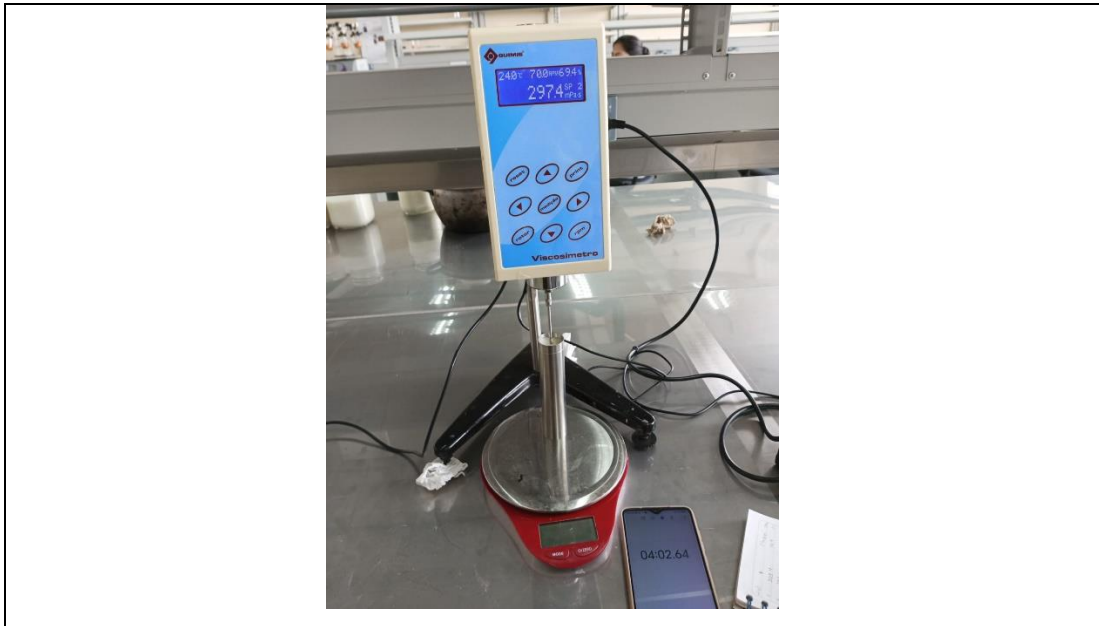
Anexo 3. Elaboración de yogur entero con harina de cultivos andinos



Anexo 4. Análisis proximal



Anexo 5. Determinación de viscosidad



Anexo 6. Determinación de consistencia

