



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



**Efecto del uso de harina de camote morado (*Ipomoea batatas (L.)*) y oca
blanca (*Oxalis tuberosa*) en la producción de yogur descremado**

Informe Final de Integración Curricular, 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: Maria Elena Montachana Laguna

TUTOR: Ing. Mg. Fernando Cayetano Álvarez Calvache

Ambato – Ecuador

Marzo 2023

APROBACIÓN DEL TUTOR

Ing. Mg. Fernando Cayetano Álvarez Calvache

CERTIFICA:

Que el presente Informe Final de Integración Curricular ha sido prolijamente revisado. Por lo tanto, autorizo la presentación de este Informe Final de Integración Curricular, 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, 13 de febrero de 2023

Ing. MSc. Fernando Cayetano Álvarez Calvache

C.I: 1801045020

TUTOR

DECLARACION DE AUTENTICIDAD

Yo, Maria Elena Montachana Laguna, manifiesto que los resultados obtenidos en el presente Informe Final de Integración Curricular, previo a la obtención del título de Ingeniero en Alimentos, son absolutamente originales, auténticos y personales; a excepción de las citas bibliográficas.



Maria Elena Montachana Laguna

C.I. 1804402673

AUTOR

APROBACION DE LOS MIEMBROS DEL TRIUNAL DE GRADO

Los suscritos Profesores Calificadores, aprueban el presente Informe Final de Integración Curricular, 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:

PhD. Liliana Alexandra Cerda Mejía

Presidente del Tribunal

Dr. Santiago Esmiro Cadena Carrera

C.I. 1715602593

Mg. Juan De Dios Espinoza Moya

C.I. 1803201431

Ambato, 03 de marzo de 2023

DERECHOS DEL AUTOR

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

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Informe Final de Integración Curricular, 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.



Maria Elena Montachana Laguna

C.I. 1804402673

AUTOR

DEDICATORIA

A Dios y a la Virgen del Cisne, por la salud, fortaleza e iluminar mi mente para poder culminar mi carrera profesional.

A mis padres, por haberme forjado con ejemplo de humildad, superación y sacrificio, por siempre estar ahí en los momentos más difíciles con sus palabras de aliento y motivación.

A mis hermanos, Santiago, David y Alexandra, especialmente a mis pequeñas sobrinas Yareni y Brigitte por ser los principales promotores de mis sueños, gracias por la confianza depositada y apoyo incondicional en todo momento.

AGRADECIMIENTO

Principalmente agradezco a mis padres Fanny y Hernán, quienes con sus consejos y enseñanzas han sabido guiarme por los mejores caminos con humildad y sencillez en cada una de las metas que me he propuesto.

Gracias a mi familia y a cada una de las personas que, con su apoyo, palabras de motivación y buenos deseos fueron parte importante de este gran logro.

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

Un agradecimiento sincero a los docentes del grupo de investigación G+ Biofood and Engineering, en especial a mi tutor Ing. Mg. Fernando Cayetano Álvarez Calvache y Ph.D Diego Salazar por la paciencia, constancia y conocimientos impartidos durante el desarrollo del proyecto de investigación.

ÍNDICE

| | |
|--|-----|
| APROBACIÓN DEL TUTOR..... | ii |
| DECLARACION DE AUTENTICIDAD..... | iii |
| APROBACION DE LOS MIEMBROS DEL TRIUNAL DE GRADO | iv |
| DERECHOS DEL AUTOR..... | v |
| DEDICATORIA | vi |
| AGRADECIMIENTO | vii |
| RESUMEN..... | 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. Aporte de los cultivos andinos a la nutrición | 2 |
| 1.1.3. Tubérculos y raíces andinas..... | 3 |
| 1.1.4. Camote morado (<i>Ipomoea batatas</i> L.)..... | 4 |
| 1.1.5. Oca blanca (<i>Oxalis tuberosa</i>) | 6 |
| 1.1.6. Obtención de harinas | 9 |
| 1.2. Objetivos | 10 |
| 1.2.1. Objetivo General..... | 10 |
| 1.2.2. Objetivos Específicos | 10 |
| CAPÍTULO 2..... | 11 |
| METODOLOGÍA | 11 |
| 2.1. Materiales..... | 11 |
| 2.2. Métodos..... | 11 |
| 2.2.1. Obtención de harinas de los tubérculos andinos..... | 11 |

| | | |
|------------------------------|--|----|
| 2.2.2. | Obtención y preparación de la leche..... | 11 |
| 2.2.3. | Determinación de concentración óptima de harina en yogurt | 12 |
| 2.2.4. | Elaboración del yogur descremado con harina de camote morado y oca blanca | 12 |
| 2.2.5. | Análisis proximal de la leche..... | 13 |
| 2.2.6. | Análisis fisicoquímico del yogur descremado..... | 14 |
| 2.2.6.1. | pH | 14 |
| 2.2.6.2. | Acidez titulable..... | 14 |
| 2.2.7. | Análisis proximal del yogur descremado | 14 |
| 2.2.7.1. | Humedad | 14 |
| 2.2.7.2. | Cenizas | 15 |
| 2.2.7.3. | Grasa..... | 16 |
| 2.2.7.4. | Fibra dietética total | 16 |
| 2.2.7.5. | Proteína..... | 17 |
| 2.2.7.6. | Carbohidratos totales | 17 |
| 2.2.8. | Viscosidad | 17 |
| 2.2.9. | Consistencia..... | 18 |
| 2.2.10. | Color..... | 18 |
| 2.2.11. | Análisis sensorial | 19 |
| 2.2.12. | Análisis estadístico..... | 19 |
| CAPÍTULO 3 | | 20 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN | | 20 |
| 3.1. | Formulación óptima de harinas de cultivos andinos. | 20 |
| 3.2. | Análisis fisicoquímico de la leche | 21 |
| 3.3. | pH y acidez titulable | 21 |
| 3.4. | Composición proximal del yogur | 24 |
| 3.5. | Viscosidad aparente | 26 |

| | | |
|---------------------------------|-----------------------------------|----|
| 3.6. | Consistencia..... | 29 |
| 3.7. | Color..... | 29 |
| 3.8. | Análisis sensorial..... | 33 |
| 3.9. | Verificación de la hipótesis..... | 34 |
| CAPÍTULO 4..... | | 35 |
| CONCLUSIONES..... | | 35 |
| MATERIALES DE REFERENCIA..... | | 36 |
| Referencias Bibliográficas..... | | 36 |
| ANEXOS..... | | 42 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | | |
|-----------------|---|----|
| Tabla 1. | Principales características de las raíces y tubérculos andinos | 4 |
| Tabla 2. | Composición nutricional del camote de diferentes colores. | 6 |
| Tabla 3. | Composición fisicoquímica de la Oca fresca, puesta al sol y deshidratada (60°C). | 8 |
| Tabla 4. | Capacidad de las harinas para formar un yogur estable..... | 20 |
| Tabla 5. | Características fisicoquímicas de la leche entera y descremada..... | 21 |
| Tabla 6. | Composición proximal del yogur descremado con adición de harinas de cultivos andinos..... | 26 |
| Tabla 7. | Coefficiente de correlación de las muestras de yogur..... | 28 |
| Tabla 8. | Consistencia de Bostwick de diferentes muestras. | 29 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Variedades del camote (<i>Ipomoea batatas</i> L.) | 5 |
| Figura 2. Oca (<i>Oxalis tuberosa</i>) | 8 |
| Figura 3. Diagrama del proceso de elaboración de yogur descremado con adición de harina de camote morado y oca blanca. | 13 |
| Figura 4. Variación de pH del yogur descremado control y con adición de 0,9% de harina de camote morado y oca blanca. Los valores corresponden a las medias de las réplicas \pm la desviación estándar. El índice (a, b, c, d y e) indica que existe diferencias significativas entre los yogures en función de los 20 días de almacenamiento ($p < 0,05$). Los índices (w) muestran que no existe diferencias significativas entre los yogures elaborados con harinas de cultivos andinos ($p > 0,05$). | 23 |
| Figura 5. Variación de pH del yogur descremado control y con adición de 0,9% de harina de camote morado y oca blanca. Los valores corresponden a las medias de las réplicas \pm la desviación estándar. El índice (a, b, c, d y e) indica que existe diferencias significativas entre los yogures en función de los 20 días de almacenamiento ($p < 0,05$). Los índices (w) muestran que no existe diferencias significativas entre los yogures elaborados con harinas de cultivos andinos ($p > 0,05$). | 23 |
| Figura 6. Viscosidad en función de la velocidad de deformación de las muestras de yogur control y yogur con adición del 0,9 % de harina de camote morado y oca blanca. | 28 |
| Figura 7. Luminosidad (L^*) del yogur control, yogur de camote morado y oca blanca. Los valores corresponden a las medias de las réplicas \pm la desviación estándar. El índice (a, b, c, d y e) indica que existe diferencias significativas entre los yogures en función de los 20 días de almacenamiento ($p < 0,05$). Los índices (w) muestran que no existe diferencias significativas entre los yogures elaborados con harinas de cultivos andinos ($p > 0,05$). | 30 |
| Figura 8. Tendencia rojos (a^*) del yogur control, yogur de camote morado y oca blanca. Los valores de a^* corresponden a las medias de las réplicas \pm la desviación estándar. Los valores corresponden a las medias de las réplicas \pm la desviación | |

estándar. El índice (a, b, c, d y e) indica que existe diferencias significativas entre los yogures en función de los 20 días de almacenamiento ($p < 0,05$). Los índices (w) muestran que no existe diferencias significativas entre los yogures elaborados con harinas de cultivos andinos ($p > 0,05$).31

Figura 9. Parámetro amarillo (b^*) del yogur control, yogur de camote morado y oca blanca. Los valores de b^* corresponden a las medias de las réplicas \pm la desviación estándar. Los valores corresponden a las medias de las réplicas \pm la desviación estándar. El índice (a, b, c, d y e) indica que existe diferencias significativas entre los yogures en función de los 20 días de almacenamiento ($p < 0,05$). Los índices (w) muestran que no existe diferencias significativas entre los yogures elaborados con harinas de cultivos andinos ($p > 0,05$).32

Figura 10. Parámetros sensoriales del yogur control y yogur enriquecido con 0,9% de harina de camote y oca blanca.33

RESUMEN

El trabajo de investigación se desarrolló con la finalidad de potenciar el aprovechamiento de los cultivos andinos poco valorizados, estos cultivos presentan características favorables en las funciones nutricionales y tecnológicas de productos lácteos, de esta manera pueden contribuir a una alimentación saludable. Este estudio evaluó el efecto de la adición de harina de camote morado (*Ipomoea batatas* L.) y oca blanca (*Oxalis tuberosa*) en las propiedades fisicoquímicas, composición proximal, atributos sensoriales, viscosidad y consistencia de un yogur descremado. Para la elaboración del yogur se trabajó con un contenido de materia grasa en la leche al uno por ciento. Los resultados obtenidos indican que el yogur descremado con adición de harina de camote morado y oca blanca presentan un promedio de pH que oscilan entre 4,18 más menos 0,01 y 4,12 más menos 0,01 a los 20 días de almacenamiento y una acidez elevada en comparación con la muestra control. En el análisis sensorial evaluó parámetros de color, olor, sabor, viscosidad y aceptabilidad, siendo el yogur fortificado con harina de camote el que presentó mayor aceptabilidad. La composición proximal (humedad, cenizas, proteína, grasa, fibra, calorías y carbohidratos) mostró incremento en los yogures fortificados con las harinas en comparación con la muestra control. Las muestras de yogur descremado presentaron un comportamiento no newtoniano de tipo pseudoplástico y los parámetros de color variaron significativamente durante el periodo de almacenamiento. La adición de harinas de cultivos andinos muestra efectos positivos en torno a su valor nutricional, incrementa la viscosidad y previenen los efectos de sinéresis.

Palabras claves: yogur, tubérculos, raíces, propiedades de alimentos, fortificación, sinéresis.

ABSTRACT

The research work was developed to enhance the use of undervalued Andean crops, these crops have favorable characteristics in the nutritional and technological functions of dairy products, in this way they can contribute to a healthy diet. This study evaluated the effect of the addition of purple sweet potato flour (*Ipomoea batatas* L.) and white goose (*Oxalis tuberosa*) on the physicochemical properties, proximal composition, sensory attributes, viscosity, and consistency of a low-fat yogurt. For the preparation of yogurt, we worked with a fat content in milk of one percent. The results obtained indicate that low-fat yogurt with the addition of purple sweet potato flour and white goose have an average pH ranging from 4.18 plus minus 0.01 and 4.12 plus minus 0.01 at 20 days of storage and a high acidity compared to the control sample. In the sensory analysis, it evaluated parameters of color, smell, taste, viscosity, and acceptability, with yogurt fortified with sweet potato flour presenting the greatest acceptability. The proximal composition (moisture, ash, protein, fat, fiber, calories, and carbohydrates) showed an increase in yogurts fortified with flours compared to the control sample. The samples of low-fat yogurt presented a non-Newtonian behavior of pseudoplastic type, and the color parameters varied significantly during the storage period. The addition of flours from Andean crops shows positive effects around its nutritional value, increases viscosity, and prevents the effects of syneresis.

Key words: yogurt, tubers, roots, food properties, fortification, syneresis.

CAPÍTULO 1

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes investigativos

1.1.1. Producción y consumo de yogur

El yogur es un producto lácteo fermentado semisólido producido por las bacterias *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*, al igual que otros productos fermentados su producción se ha incrementado en más del 4 % entre 1995 y 2019 (Cifelli et al., 2020). El aumento en el consumo de esta bebida se debe a la amplia gama de beneficios para la salud como el reducir riesgos asociados a diabetes tipo 2, síndrome metabólico y enfermedades cardíacas, además de ayudar con un mejor control del peso (Kok & Hutkins, 2018). Los beneficios nutricionales están asociados a su naturaleza biológicamente activa que lo convierte en una excelente fuente de proteínas, vitaminas y minerales (Gómez-Gallego et al., 2018). En consecuencia, se ha generado una alta demanda de los consumidores por el yogur y productos relacionados con este (Naik, 2023).

Actualmente, los yogures están disponibles en una variedad de estilos y tipos, cada uno con su propio contenido de grasa, perfil de sabor y textura; además, este producto contiene mayores cantidades de proteína, vitamina B2, vitamina B12, calcio, magnesio, potasio y zinc que la leche, aporta beneficios adicionales para la salud dado que contiene compuestos bioactivos únicos como péptidos con capacidad antioxidante y cultivos vivos y activos (Naik, 2023; Cifelli et al., 2020; Şanlıdere Aloğlu & Öner, 2011).

Debido a los beneficios que el consumo de yogur aporta, la industria de esta bebida se valoró en 107,2 mil millones de dólares en el 2021 y se espera que alcance el valor de 162,04 mil millones de dólares para 2029 (PRNewswire, 2022). Entre los factores que han aportado al crecimiento del mercado del yogurt están la expansión del mercado minorista en varias regiones, el bajo contenido de lactosa que permite que las personas intolerantes a esta consuman productos lácteos y el aumento de la conciencia entre las personas para perder peso y consumir productos con materias primas no convencionales (Kamble & Deshmukh, 2022).

En el Ecuador y en otros países de América Latina, el yogur es considerado un refrigerio conveniente, saludable y barato; por lo que, se ha considerado esta bebida como un buen reemplazo de la leche. Debido a la demanda en el mercado ecuatoriano, el yogurt a partir del año 2012 se ha ido elaborando como un producto funcional y fortificado, con menor cantidad de grasa o productos enfocados a problemas específicos como yogures desarrollados para evitar el colesterol alto o problemas intestinales (**Tamilow, 2012**).

En la actualidad se considera que las dietas ricas en grasas lácteas se asocian a niveles elevados de colesterol sérico, trastornos digestivos, acidez estomacal y estrés, esta consciencia de los efectos nocivos del consumo de grasas ha llevado que los consumidores en todo el mundo demanden productos lácteos bajos en grasa o sin grasa; no obstante, debido a que la presencia de grasas en los productos lácteos es importante para las propiedades físicas, características reológicas, texturales, apariencia, sabor y sensación en la boca las empresas lácteas han optado por desarrollar diferentes metodologías que mejoren estas deficiencias como la adición de proteínas de suero de leche, la utilización de cepas iniciadoras adecuadas, un mayor contenido de sólidos totales, espesantes y uso de fibras de origen vegetal (**Atallah et al., 2020; Costa et al., 2022; Dai et al., 2016**).

Además de considerar mantener las características del yogurt también se han desarrollado formulaciones en las cuales se potencie el valor nutricional de esta bebida, es así como en los últimos años se ha producido yogurt descremado suplementado con harina de yacón, o con harina de camote morado, las cuales han demostrado ser prebióticos que son capaces de mantener las propiedades nutricionales del yogurt (**Suwannaphan, 2022; Mileib et al., 2012**).

1.1.2. Aporte de los cultivos andinos a la nutrición

La región andina conformada por Ecuador, Perú y Bolivia ha despertado un renovado interés por los cultivos de la zona, esto se debe a la capacidad de los cultivos de resistir sequías, heladas, salinidad, plagas y enfermedades (**Luziatelli et al., 2020**). Los cultivos andinos entre los que se incluyen los granos, tubérculos, raíces, frutales, plantas aromáticas y medicinales poseen un gran potencial para su uso y transformación en una gama de productos procesados que sean capaces de mantener

su aporte nutricional sin alterar negativamente sus atributos sensoriales (**Jacobsen et al., 2003**). En los últimos años la atención se ha centrado a cultivos como la quinua y otros granos andinos como el amaranto, tarwi y chia que han generado una mayor demanda en el mercado europeo por su valor nutricional, representando así una gran oportunidad económica para la región (**Gotor et al., 2017**).

Los cultivos andinos no solamente representan una oportunidad económica sino una oportunidad para combatir la desnutrición en la zona, si bien este problema ha disminuido en los últimos años debido a las políticas gubernamentales, en Ecuador esta sigue siendo uno de los mayores problemas de salud pública que afecta principalmente a niños de la zona rural andina del país (**Unicef, 2021**). La pobreza y la desigualdad social son omnipresentes en las naciones andinas y en los últimos años las perspectivas de desarrollo social se han visto afectadas por la crisis económica, los conflictos sociales y la inestabilidad política (**Larrea & Freire, 2002**).

1.1.3. Tubérculos y raíces andinas

Dentro de los cultivos andinos de gran importancia económica y nutricional para los agricultores de la región destacan la papa (*Solanum spp.*) y el camote (*Ipomoea batatas*); no obstante, existen cultivos menos conocidos que juegan un papel importante en la nutrición, la salud y la seguridad alimentaria de miles de familias de pequeños agricultores en el altiplano andino, dentro de estos cultivos se encuentran: la oca (*Oxalis tuberosa*), el ulluco (*Ullucus tuberosus*), la mashua (*Tropaeolum tuberosum*), el yacón (*Smallanthus sonchifolius*), la ahípa (*Pachyrhizus ahípa*), la maca (*Lepidium meyenii*), la zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*), la achira (*Canna edulis*) y la mauka (*Mirabilis expansa*) (**Manrique, 2022**).

Estos tubérculos y raíces a pesar de poseer un alto contenido de almidón, vitaminas (tiamina, ácido ascórbico, niacina, folatos, vitamina A, B6, E y K) (**Chandrasekara & Josheph Kumar, 2016**), micronutrientes (nitrógeno, potasio, calcio, magnesio, fósforo, azufre, sodio, hierro, zinc, manganeso, cobre, níquel, cobalto y boro) (**Choquechambi et al., 2019**), mostrar buenos rendimientos y varias propiedades medicinales han desaparecido o están en camino de desaparecer debido al desconocimiento y falta de consumo. Los cultivos andinos tienen potencial para una mayor investigación, adaptación y uso en otras regiones del mundo y probablemente

sean productos de exportación (**Genebank, 2022**). En el Tabla 1 se recopilan las principales características de estos cultivos.

Tabla 1. Principales características de las raíces y tubérculos andinos

| Nombre | Familia | Altitud (m) | Usos comunes | |
|------------------|----------------|-------------|---|--------------------------------------|
| | | | Fresco | Procesamiento tradicional |
| Papa | Solanaceae | 3000-4300 | Hervida | Chuño, tunta, moraya |
| Camote | Convolvulaceae | >2800 | Hervida, al horno, snacks, papillas | Almidón |
| Oca | Oxalidaceae | 2800-3800 | Hervida y al horno | Kaya |
| Ulluco | Basellaceae | 2800-3800 | Sopas y guisos | Lingle, chullqi, tuntilla |
| Mashua | Tropaeolaceae | 2800-4000 | Hervida y al horno | Tayacha |
| Yacón | Asteraceae | 1800-3000 | Snacks y jarabe | Azúcar |
| Ahipa | Fabaceae | 1500-3000 | Snacks y ensaladas | - |
| Maca | Brassicaceae | 3500-4500 | - | Jugos, panadería, galletas y bebidas |
| Zanahoria blanca | Umbelliferae | 1500-3000 | Hervida, al horno, sopas, guisos, fritos, papillas, budines | Kawi |
| Achira | Cannaceae | 1000-2900 | Al horno, hervida y almidón industrial | Almidón |
| Mauka | Nyctaginaceae | 3000 | Hervida, al horno, sopas, pudines | |

Adaptado de: (Roca et al., 2007).

1.1.4. Camote morado (*Ipomoea batatas* L.)

El camote (*Ipomoea batatas*) es el tercer cultivo más importante del mundo dentro del grupo de raíces y tubérculos, se cultiva en más de 111 países con una producción que supera los 105 millones de toneladas métricas (**Loebenstein, 2015**). A pesar de ser un cultivo considerado originario de América Central y Sudamérica, Asia posee el 82% de participación en su producción mundial; mientras que la producción de América Latina apenas representa el 4%. No obstante, el Ecuador no figura como un país productor, exportador y consumidor de este tubérculo (**Cobeña Ruiz et al., 2017**).

El consumo del camote en el Ecuador está concentrado en los sectores rurales de la Costa, Sierra y Amazonía, y su cultivo se realiza sin problemas en estas zonas gracias a que se desarrolla bien en climas tropicales y subtropicales con temperaturas entre 18 °C y 28 °C (**Mena, 2013**). El camote puede ser cultivado desde el nivel del mar hasta

los 3000 msnm y requiere de 12 a 13 horas diarias de luz; por otro lado, respecto al suelo este debe tener buena aireación, buen drenaje y en suelos arenosos, donde las raíces de mejor calidad se obtienen (Cobeña Ruiz et al., 2017).

Respecto a sus características botánicas, el camote pertenece a la familia Convolvulacea, género *Ipomoea*, subgénero *Eriospermum*. Las plantas del género *Ipomoea* son plantas perennes que se desarrollan por medio de fragmentos de guía con una longitud entre 30 y 40 cm, poseen una raíz tuberosa que se desarrolla en los nudos del tallo enterrado; su forma es alargada y con una protuberancia central (Vidal et al., 2018). La raíz, fracción comestible, difiere en tamaño, color de la corteza, cáscara, pulpa y forma (Escobar-Puentes et al., 2022). En base a las diferencias existentes entre las raíces existen diversas variedades del camote, las cuales se distinguen principalmente por el color, el cual puede ser blanquecino, crema, amarillo, anaranjado, marrón naranja, rosa, rojo, rojo morado, morado muy oscuro, la intensidad del color depende de las condiciones ambientales donde se cultiva la planta (Figura 1); sin embargo, algunos cultivares muestran pigmentación roja-púrpura en la pulpa de forma dispersa, anillos pigmentados y en algunos toda la pulpa adquiere la coloración (Armijos et al., 2020).



Figura 1. Variedades del camote (*Ipomoea batatas* L.)

Fuente:(Monteros-Altamirano et al., 2021).

Desde un punto de vista nutricional, el camote es un alimento rico en fibra, vitaminas y minerales, además de ser una gran fuente de energía (Tabla 2). También se destaca la coloración de los cultivares de camote, entre los que destacan las variedades amarillas, naranjas y morada, raíces que poseen compuestos bioactivos que contribuyen positivamente a la salud de los consumidores (**Cartabiano Leite et al., 2020**). Tras el procesamiento y las mejores genéticas realizadas en las diferentes variedades se ha logrado obtener raíces ricas en minerales esenciales como el magnesio, manganeso, hierro, fósforo, zinc, cobre y calcio; vitaminas como el α/β -caroteno, luteína, vitamina B1, B2, B6, ácido pantoténico, niacina, ascorbato de biotina y tocoles, y carotenoides totales (**Escobar-Puentes et al., 2022**).

Tabla 2. Composición nutricional del camote de diferentes colores.

| Componentes | 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).

1.1.5. Oca blanca (*Oxalis tuberosa*)

La oca (Oxalis tuberosa) oca es una antigua planta alimenticia de los Andes y se encuentra en muchas partes de América del Sur, es considerada el segundo tubérculo más importante de la región andina; sin embargo, se considera que tiene potencial de gran atractivo para el consumidor debido a su color brillante y el sabor agradable (**O'Hair & Maynard, 2003**). Este es un tubérculo que ha sido domesticado en la región andina en altitudes entre 2800 a 3000 msnm, siendo considerado el segundo

tubérculo andino de mayor importancia ya que constituye un alimento básico en la dieta de los habitantes donde se cultiva, como en las tierras altas de Ecuador, Perú y Bolivia, y también en algunas partes de Chile, Argentina, Colombia y Venezuela, además de su introducción en Nueva Zelanda hace más de un siglo (**Morillo et al., 2019; Campos et al., 2018**).

La oca también conocida como oqa, apilla, uncha, ibia y cuiba, es una pequeña hierba tuberosa de 20 a 30 cm de altura, el tubérculo que es la fracción comestible de esta planta varía de formas y pueden ser desde ovoides a cilíndricas y claviformes; por otro lado, su color superficial varía de blanco a crema, amarillo, naranja, rosa y morado, debido a lo cual se han registrado 1000 variedades genéticas de este cultivo (**Campos et al., 2018**). Por otro lado, respecto a la cosecha, los tubérculos rizomatosos son cosechados a los ocho meses de madurez y son similares a la papa en tamaño (5 a 8 cm de largo) (**Moorthy, 2004**).

Respecto a los requerimientos climáticos de esta planta, esta se cultiva a temperaturas que varían de 7 a 10 °C, en el Ecuador se cultiva a altitudes entre 3000 y 4000 msnm en las provincias de Carchi, Imbabura y Bolívar; en lo que se refiere a las condiciones ecológicas, esta planta es tolerante a las heladas y crece mejor en suelos livianos presentando un periodo vegetativo de 210 a 240 días, alcanzando rendimientos de hasta 55 toneladas por hectárea (**Maza & Aguirre, 2020**). La diversidad que presenta el cultivo permite que se reduzca la vulnerabilidad a enfermedades y plagas (**Moscoe, 2015**).

La oca (Figura 2) es un tubérculo que presenta un contenido de agua mayor al 80% y una densidad energética baja en el material fresco, respecto al valor nutricional, esta es comparable a las propiedades nutricionales de la papa, pero puede variar de acuerdo con los genotipos existentes. En general, la oca es una buena fuente de carbohidratos con un contenido de 83% a 88,8% en peso seco y de 10,41% en peso fresco; además, en peso seco contiene proteína (3% - 8,4%), grasa (0,5% a 1%), fibra (1,4% a 5,1%) en esos rangos de porcentaje, y la fibra en una proporción de insoluble: soluble de 23,6:1. Respecto al almidón, en peso seco la oca posee un contenido de 56,8%, es una buena fuente de calcio y hierro (130,1 y 98,45 mg/100 de peso seco), y posee un contenido de azúcares donde predomina la sacarosa (21%) y la glucosa (3,6%) (Gross

et al., 1989). Se ha reportado que dependiendo la variedad la oca puede contener cantidades significativas de retinol (Vera et al., 2018).



Figura 2. Oca (*Oxalis tuberosa*)

A pesar del gran aporte nutricional que tiene este tubérculo se ha reportado que posee factores anti nutricionales tras identificarse la presencia de oxalatos solubles que van desde 80 a 220 mg de oxalatos solubles por cada 100 gramos de peso seco con una concentración de $500 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, los cuales son responsables del sabor amargo del tubérculo; sin embargo, estos oxalatos son degradados tras su exposición al sol, es así que tras una exposición de 8 días se degrada más del 50% del contenido de oxalatos (Savage et al., 2008). En la Tabla 3 se describe cómo cambia la composición de la oca tras su exposición al sol y al ser deshidratada.

Tabla 3. Composición fisicoquímica de la Oca fresca, puesta al sol y deshidratada (60°C).

| Parámetros | Oca fresca | Deshidratada | Oca asoleada | Deshidratada |
|----------------------------|------------|--------------|--------------|--------------|
| Humedad (%) | 80,1 | 15,1 | 51,0 | 13,0 |
| Ceniza (%) | 3,9 | 7,3 | 4,3 | 8,1 |
| Azúcar total (%) | 14,1 | 59,1 | 36,4 | 61,8 |
| Azúcares reductores (%) | 4,7 | 21,9 | 21,1 | 34,4 |
| Azúcares no reductores (%) | 9,4 | 37,2 | 15,6 | 27,2 |
| Fibra (%) | 0,8 | 6,8 | 3,0 | 7,3 |
| Proteína (%) | 1,1 | 8,6 | 5,3 | 9,8 |
| pH | 4,54 | 6,3 | 5,70 | 6,0 |
| Almidón (%) | 10,6 | 23,7 | 7,2 | 17,4 |
| Ácido oxálico (mg/100 g) | 135 | 31,4 | 72 | 54,4 |
| Ácido ascórbico (mg/100 g) | 187,19 | 71,93 | 65,34 | 41,96 |

Fuente: (Vera et al., 2018).

1.1.6. Obtención de harinas

Tanto la oca como el camote son cultivos versátiles que poseen un alto valor nutricional, en el caso del camote esta raíz tiene propiedades anticancerígenas, antidiabéticas y antiinflamatorias (**Mohanraj & Sivasankar, 2014**); mientras que la oca tiene un alto contenido en almidón y excelentes propiedades antioxidantes (**Castro-Mendoza et al., 2019**). Estas características hacen que el camote y la oca sean una excelente materia prima para la elaboración de productos alimenticios. Una forma de aprovechar de forma sostenible las propiedades nutricionales y composición fisicoquímica de estos cultivos es la obtención de harinas, las cuales pueden o no tener propiedades similares al ser comparadas con harinas convencionales, pero se pueden convertir en una alternativa para sustituir las harinas tradicionales (**Salazar et al., 2021**).

Las harinas obtenidas de estos cultivos son la base para la elaboración de alimentos libres de gluten; no obstante, los alimentos producidos con estas harinas deben alcanzar características aceptables respecto al volumen, textura, sabor y el tiempo de vida útil. Entre los productos elaborados con estas harinas se encuentran panes, pasta, galletas, pasteles y varios snacks (**Vera et al., 2018**).

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

- Evaluar el efecto del uso de harina de camote morado (*Ipomoea batatas* (L.)) y oca blanca (*Oxalis tuberosa*) en la producción de yogur descremado.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Determinar la proporción óptima de harinas de cultivos andinos para la elaboración de yogur descremado.
- Determinar la composición proximal, propiedades fisicoquímicas y viscosidad del yogur descremado a partir de harinas de cultivos andinos.
- Evaluar la calidad sensorial del producto final.

1.3. Hipótesis

1.3.1. Hipótesis nula

Ho: La adición de harina de camote morado y oca blanca no afecta a las propiedades fisicoquímicas, sensoriales y viscosidad del yogur descremado.

1.3.2. Hipótesis alternativa

Ha: La adición de harina de camote morado y oca blanca afecta a las propiedades fisicoquímicas, sensoriales y viscosidad del yogur descremado.

1.4. Variables

1.4.1. Variable independiente

Harina de camote morado y oca blanca

1.4.2. Variable dependiente

Propiedades fisicoquímicas, sensoriales, viscosidad y consistencia del yogur descremado.

CAPÍTULO 2

METODOLOGÍA

2.1. Materiales

Los cultivos de camote morado y oca blanca fueron adquiridos del Mercado Mayorista de la ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua.

2.2. Métodos

2.2.1. Obtención de harinas de los tubérculos andinos

Los tubérculos se sometieron a un proceso de lavado con el fin de reducir impurezas. En el caso de la oca blanca, con el fin de eliminar la presencia de ácido oxálico que causa un sabor agrio en este, **Castañeta et al. (2022)** explica que la oca debe ser expuesta al sol por al menos 5 días para incrementar el contenido de azúcares, y con ello poder continuar con el proceso de obtención de la harina.

Empleando la metodología establecida por **Salazar, (2022)** tras el lavado de los tubérculos se realizaron cortes en rodajas de aproximadamente 2 mm de espesor, los cuales fueron sometidos a calentamiento en un microondas durante 20 segundos y enfriamiento en agua a 4 °C, con el fin de evitar el pardeamiento enzimático. Luego, las rodajas fueron deshidratadas en un secador por convección (Gander mtn – CD 160) a 65 °C por 8 horas, para finalmente, ser expuestas a un proceso molienda en una trituradora comercial obteniéndose un polvo fino, que se conservó se a temperatura ambiente en bolsas herméticas para su posterior uso.

2.2.2. Obtención y preparación de la leche

La leche cruda empleada para la presente investigación fue adquirida en la Parroquia Santa Rosa de la Provincia de Tungurahua. La leche entera fue analizada en el equipo LACTOSCAN (Grasa: 3,19 %) y con la ayuda de un descremador de leche se redujo el contenido graso a un valor menor al 1 %, según lo establecido en la normativa **NTE INEN 2395 (2011)** para leches fermentadas. Una vez verificado el porcentaje de grasa, la leche se pasteurizó a 85°C por 5 min.

2.2.3. Determinación de concentración óptima de harina en yogurt

Con el fin de definir una formulación estable y sensorialmente aceptable se llevó a cabo una determinación de la mejor concentración de harinas añadidas al yogurt; con base a este criterio, para determinar la dosis más adecuada de harina de camote morado y oca blanca se empleó la metodología descrita por **Salazar (2022)** y **Sánchez-Moreno (2018)**; en las cuales se realizaron ensayos con tres diferentes concentraciones de harinas (0,3%, 0,6% y 0,9%) con la intención de evaluar cualitativamente la capacidad de formación de geles estables. Una vez obtenidos los yogures se evaluaron de manera arbitraria parámetros como la capacidad de gelificación (capacidad de la harina de camote morado y oca blanca para formar un gel), sinéresis (capacidad de no exudar suero) y viscosidad. Los resultados de las pruebas preliminares se establecieron arbitrariamente como: baja capacidad (-), capacidad moderada (+) y buena capacidad (++)

2.2.4. Elaboración del yogurt descremado con harina de camote morado y oca blanca

La elaboración del yogurt descremado con la adición de harina de camote morado y oca blanca se realizó bajo el proceso sugerido por **Saleh et al. (2020)** para la fabricación de yogures tipo batido bajo en grasas. Tras haberse estandarizado la leche con un contenido graso menor al 1% se agregaron diferentes porcentajes de harina, y se pasteurizó a 85 °C durante 5 minutos, con el objetivo de reducir la carga microbiana de la leche. Tras la pasteurización, la leche se enfrió en un baño de agua hasta alcanzar una temperatura de 40 °C para posteriormente inocular el cultivo lácteo liofilizado cuya cantidad añadida era proporcional al volumen de leche utilizado. Posteriormente, se incubó a 40 °C ± 2 durante 5 – 6 horas, hasta la formación de un coagulado en donde el pH alcanzó valores en un rango de 4,3 - 4,6 y una acidez de entre 80 a 100 °Dornic. Finalmente, obtenido el pH y acidez adecuados se detuvo la fermentación disminuyendo la temperatura (~4-7 °C) para detener el crecimiento de microorganismos. Finalmente, para romper el coágulo se agitó delicadamente durante 1 minuto. Las muestras de yogurt se envasaron en recipientes de plástico previamente esterilizados y se mantuvieron en refrigeración a 4 °C para ensayos posteriores.

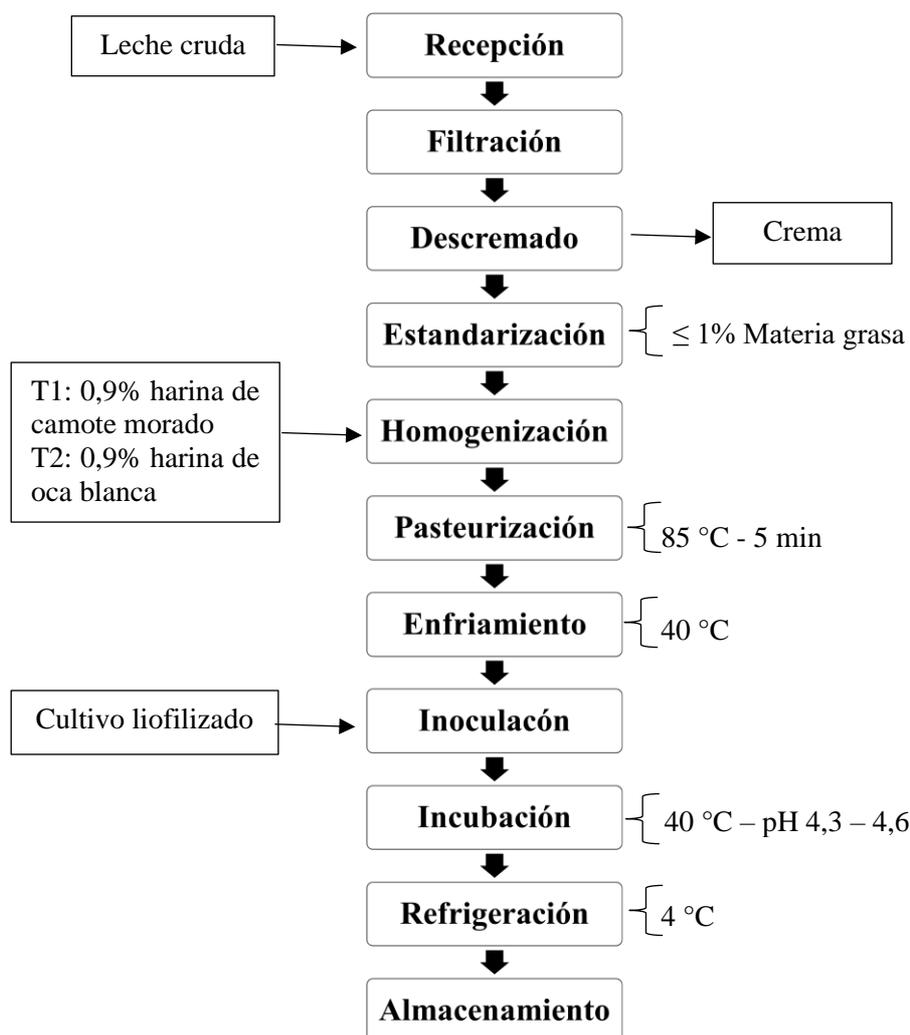


Figura 3. Diagrama del proceso de elaboración de yogur descremado con adición de harina de camote morado y oca blanca.

2.2.5. Análisis proximal de la leche

2.2.5.1. Grasa

Para determinar el contenido de grasa se consideró la Norma **NTE INEN-ISO 2446 (2013)**. Se empleó un butirómetro de Gerber en el cual se agregó 10 ml de H₂SO₄, 11 ml de leche y 1 ml de alcohol amílico se procedió a tapar y agitar lentamente el butirómetro dos o tres veces hasta que no aparezcan pequeñas partículas blancas, posteriormente se centrifugó el butirómetro durante 4 min y se colocó en un baño de agua a 65°C por 5 min, finalmente el porcentaje de grasa cruda se determinó leyendo directamente el butirómetro.

2.2.6. Análisis fisicoquímico del yogur descremado

2.2.6.1. pH

El pH del yogur se determinó empleando un pH metro digital de acuerdo al procedimiento descrito en la Norma **NTE INEN 526 (2013)**, se lavó los electrodos con agua destilada y se calibró utilizando una solución de referencia (pH 4, 7 y 10), finalmente se introdujo los electrodos en la muestra y se efectuó la lectura de los resultados directamente.

2.2.6.2. Acidez titulable

La acidez titulable se desarrolló en base al procedimiento descrito en la Normativa **NTE INEN 13 (2012)**, se tomaron 10 ml del yogur y se tituló con NaOH 0,1N y tres gotas de fenolftaleína. El resultado final se expresó como porcentaje de ácido láctico.

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

(Ecuación 1)

Donde:

A: Acidez titulable de la leche en porcentaje de ácido láctico)

V: Volumen utilizado de NaOH

N: Normalidad de la solución de NaOH

m: Masa del matraz vacío, (g)

m₁: Masa del matraz con leche, (g)

2.2.7. Análisis proximal del yogur descremado

2.2.7.1. Humedad

El contenido de humedad se determinó en base al procedimiento descrito en la normativa **AOAC 925.10 (2000)**, el cual se basa en la pérdida de peso de la muestra

por calentamiento. Para este método se pesaron 2g de muestra en una cápsula de porcelana previamente pesada y tarada, seguido se colocó las cápsulas en una estufa a 120 ± 3 °C durante 2 horas, se enfrió en un desecador de 30 a 40 min y se registró su masa. Se repitió la última operación hasta un peso constante, para su posterior cálculo basado en la siguiente ecuación:

$$\% \text{Humedad} = \frac{P_1 - P_2}{m} \times 100$$

(Ecuación 2)

Donde:

P₁: masa de la cápsula más muestra sin secar (g).

P₂: masa de la cápsula más muestra seca (g).

m: masa de la muestra (g).

2.2.7.2. Cenizas

El contenido de cenizas se determinó con base a la Norma **AOAC 945.46 (2016)**, para ello se calentaron los crisoles vacíos en la estufa a 103 ± 2 °C durante 30 minutos, se enfrió en un desecador y se registró su masa. Una vez tarados los crisoles, se pesaron 2 g de muestra, se introdujeron los crisoles en la mufla a 530 °C por 2 a 3 horas hasta la obtención de cenizas de coloración gris claro, posteriormente se dejó enfriar los crisoles en un desecador hasta alcanzar la temperatura ambiente y, se registraron las masas. La determinación de cenizas se efectuó por duplicado sobre la misma muestra hasta que no exista disminución en la masa. Los resultados se calcularon mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{Ceniza} = \frac{P_3 - P_1}{P_2 - P_1} * 100$$

(Ecuación 3)

Donde:

P₁: masa del crisol vacío, (g)

P₂: masa del crisol más muestra, (g)

P₃: masa del crisol más las cenizas (g)

2.2.7.3. Grasa

El contenido de materia grasa de las muestras de yogur fue analizado según el procedimiento descrito bajo la Norma **AOAC 2000.18 (2004)**. Se aplicó una técnica analítica de extracción por solventes (inmersión). Para la determinación se empleó como reactivos éter de petróleo, arena y algodón. Se colocó 3 g de muestra y 2 g de arena seca en el dedal de Soxhlet, se cubrió con algodón la parte superior para a continuación introducir a la estufa a 125 °C por 1 hora, luego se transfirió el dedal al desecador hasta alcanzar la temperatura ambiente. Posteriormente se transfirió el dedal a la unidad de extracción y se extrajo con 40 ml de éter de petróleo en posición de ebullición por 30 min. A finalizar la extracción, el balón se colocó en una estufa a 125 °C durante 30 min, se enfrió y se pesó una vez alcanzado la temperatura ambiente, finalmente el contenido de grasa se calculó bajo la siguiente ecuación:

$$\%Grasa = \frac{B - C}{A} * 100$$

(Ecuación 4)

Donde:

A: masa de la porción de muestra (g)

B: masa en g de la copa de extracción después del secado.

C: masa en g de la copa de extracción antes de la extracción.

2.2.7.4. Fibra dietética total

El contenido de fibra dietética (TDF) de las muestras de yogur fue analizado bajo la Norma **AOAC 985.29 (2003)**. Se aplicó un método enzimático–gravimétrico.

2.2.7.5. Proteína

El contenido de proteína de las muestras de yogur fue analizado bajo la Norma **AOAC 991.20 (2015)**. Se aplicó un método de destilación Kjeldahl y se empleó un factor de conversión de 6,25 que permite transformar el porcentaje de nitrógeno en porcentaje de proteína presente en las muestras de yogur.

$$\%N = \frac{(V - Vb)1,401 * 0,1 * K}{P}$$

$$\%P = \%N * \text{factor de la proteina (6,25)}$$

(Ecuación 5)

Donde

P: Proteína bruta

N: Porcentaje de nitrógeno

V: Volumen de titulación de la muestra

K: Constante de normalización HCl 0,1N

P: masa de la muestra, (g)

2.2.7.6. Carbohidratos totales

La determinación de carbohidratos se obtuvo por diferencia, restando a 100% los componentes analíticos (grasa, proteína, ceniza, humedad y fibra) descrito por la Normativa **AOAC 101.92 (2005)**.

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

(Ecuación 6)

2.2.8. Viscosidad

El análisis de viscosidad se llevó a cabo mediante el uso del viscosímetro rotacional Brookfield marca Quimis (Q860M26). Las muestras se vertieron en vasos de

precipitación de 250 ml y se sumergió el husillo (rotor #2) en el fluido hasta que llegue al nivel de la marca inscrita. Los datos tomados se realizaron a temperatura ambiente de forma directa, estableciendo manualmente el rotor y las revoluciones de trabajo dentro del rango de medición de 30 a 70% (**Alvarado & Aguilera, 2001**). Si el equipo no marca valores dentro de este rango, se deberá cambiar el número de rotor (El rotor número 1 es apropiado para viscosidades más bajas y el rotor 4 para viscosidades altas), o incrementar o reducir la velocidad. Para determinar el comportamiento reológico del yogur los valores obtenidos se ajustaron a la siguiente ecuación:

$$T = K (\dot{\gamma})^n$$

(Ecuación 7)

Donde

T: Esfuerzo de corte (mPa.s)

Y: Velocidad de deformación (1/s)

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

n: Índice de comportamiento del flujo

2.2.9. Consistencia

La consistencia de las muestras de yogur se determinó mediante la metodología descrita por **Boukid et al., (2021)** empleando un consistómetro de Bostwick, el cual debe situarse en una superficie plana y firme hasta que la burbuja del nivel se ubique en el centro de la circunferencia. Una vez nivelado el quipo, se cierra la puerta y enganche el descargo para proceder agregar la cantidad suficiente de muestra en el depósito. Finalmente, se presionó el gatillo de la puerta y con la ayuda de un cronómetro se estableció la distancia que recorrió el fluido durante 30 segundos. Se analizaron las muestras por triplicado.

2.2.10. Color

Los parámetros de color de las muestras de yogur se determinaron mediante el uso del colorímetro Lovibond (LC100, USA) representando el espacio de color CIELAB. En

esta representación se determinó la luminosidad (L^*), variación entre rojo – verde (a^*) y la variación entre amarillo – azul (b^*) (Milovanovic et al., 2020). Las muestras se colocaron en cajas Petri para obtener una distribución uniforme y se tomaron varias mediciones en diferentes áreas con el fin de obtener mejores resultados.

2.2.11. Análisis sensorial

Los atributos sensoriales de aceptabilidad color, olor, sabor y viscosidad de las muestras de yogur descremado se evaluaron mediante 15 panelistas semientrenados utilizando una escala hedónica de cinco puntos (1- me disgustó mucho a 5 – me gustó mucho) correspondiente a la intensidad de gusto del catador (Manfugás, 2020).

2.2.12. Análisis estadístico

Para estudiar el efecto de adición de harina de camote morado y oca blanca en muestras de leche descremada se empleó un diseño completamente aleatorio con el fin de analizar el efecto sobre las propiedades fisicoquímicas, sensoriales y viscosidad del yogur descremado. Para el análisis de datos se determinó mediante el Software InfoStat seleccionando la Prueba ANOVA de un factor y Tukey para contrarrestar la igualdad de las medias empleando un nivel de confianza del 95 % y un nivel de error de 0,05.

CAPÍTULO 3

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Formulación óptima de harinas de cultivos andinos.

Conociendo que las harinas de cultivos andinos muestran comportamientos diferentes al ser adicionadas al yogur, se realizaron estudios preliminares para evaluar cualitativamente la capacidad de formación de geles estables en esta bebida y seleccionar las dosis más adecuadas (Tabla 4). En todos los yogures se mantuvo constante la adición del cultivo iniciador, la temperatura de pasteurización e incubación y el pH final luego de la incubación.

Con el fin de conseguir fórmulas estables y sensorialmente aceptables, se determinaron una serie de parámetros como la capacidad de formar un gel (capacidad de la harina de cultivos andinos para incorporarse en la mezcla y formar un gel), sinéresis (capacidad de no exudar líquido) y viscosidad (Salazar, 2022). En base a lo anterior mencionado se determinó que las harinas de camote morado y oca blanca en un porcentaje de 0,9% forman geles estables sin sinéresis y buena viscosidad, por lo cual se la considera como la dosis adecuada para el desarrollo del yogur descremado del presente estudio.

Tabla 4. Capacidad de las harinas para formar un yogur estable.

| Tipo de Harina | Dosis adicionada (%) | Capacidad de Gelificación | Sinéresis | Viscosidad |
|-----------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|------------------|-------------------|
| Camote morado | 0,3 | - | - | - |
| Camote morado | 0,6 | + | - | + |
| Camote morado | 0,9 | ++ | - | ++ |
| Oca blanca | 0,3 | - | - | - |
| Oca blanca | 0,6 | + | - | + |
| Oca blanca | 0,9 | ++ | - | ++ |

3.2. Análisis fisicoquímico de la leche

En la Tabla 5 se reportan los resultados de los análisis fisicoquímicos de la leche entera y descremada como materia prima para la elaboración de un yogur descremado. Respecto a la leche cruda los parámetros evaluados se encuentran dentro de los rangos establecidos por la normativa **INEN 0009 (2012)** para leche cruda. Por otro lado, el contenido de materia grasa de la leche descremada se verificó con la normativa **INEN 2395 (2011)** para leches fermentadas.

Tabla 5. Características fisicoquímicas de la leche entera y descremada.

| Parámetros | Leche entera | Leche descremada |
|-----------------------|--------------|------------------|
| Grasa (%) | 3,19 | 1,03 |
| Sólidos no grasos (%) | 7,89 | 7,75 |
| Proteína (%) | 2,92 | 2,86 |
| Lactosa (%) | 5,02 | 5,02 |

En el proceso de elaboración del yogur es de vital importancia considerar que los parámetros se encuentren dentro de la normativa, por lo que el contenido de sólidos totales adecuados es de 12 al 18%, ya que entre mayor contenido de ST menor grado de sinéresis presenta el producto (**Aryana & Olson, 2017**).

3.3. pH y acidez titulable

La evolución del pH y acidez de las muestras de yogur descremado con adición del 0,9% de harinas de camote morado y oca blanca se muestran en las Figura 4 y 5. Los resultados de pH mostraron diferencias significativas ($p < 0,05$) durante los 20 días de almacenamiento. Los valores de pH disminuyen y por lo tanto existe un incremento de la acidez. La disminución observada en el pH se debe a la continua fermentación de la lactosa y transformación en ácido láctico provocado por la alta actividad metabólica bacteriana (**Dai et al., 2016**).

El valor promedio de pH final alcanzado por el yogur control es 4,20 y para el yogur con harina de camote y oca blanca es de 4,18 y 4,12 respectivamente. Estudios similares realizados por **Afiati et al. (2018)** determinaron que la adición de camote

morado para enriquecer un yogur bajo en grasa presenta un efecto significativo en los valores de pH de 3,62 a 4,28, estos resultados podrían deberse a la presencia de oligosacáridos propios del camote que son beneficiosos para el crecimiento de las bacterias probióticas contribuyen así a la producción de ácido láctico. A su vez, **Jovanović et al. (2020)** detecto una disminución estadísticamente significativa en el pH después de un día de almacenamiento en frío entre el yogur control y el yogur probiótico fortificado con harina de orujo de manzana, esto debido a la presencia de ácidos naturales predominantes en las matrices.

La acidez titulable expresada en porcentaje de ácido láctico representa una característica importante del yogur. **Aryana & Olson (2017)** estiman que la acidez entre el 0,74 a 0,93% dan como resultado un yogur más deseable, ya que valores por encima de este rango generan un yogur demasiado ácido, lo cual reduce el tiempo de vida útil del producto. Los valores de acidez del yogur de oca blanca oscilan entre 0,80 a 1,2%, lo cual influye desfavorablemente en la consistencia. Se encontraron cambios similares con el estudio de **Pappa et al. (2018)** quien determinó un incremento de la acidez titulable a los 21 días de almacenamiento desde 1,09 a 1,15% en el yogur elaborado con adición de β -glucanos. No obstante, se infiere que la presencia de oxalatos en la oca genera la variación de acidez durante el almacenamiento. Este incremento de acidez se relaciona con el grado de madurez del tubérculo, por lo que la reducción de la exposición a la luz solar influye en la cantidad del ácido oxálico (**Salazar et al. 2021**). A su vez, **Shelly & Lagarriga (2004)** recalcan que la acidez favorece la hidratación de las proteínas, por lo que una acidez elevada, $\text{pH} < 4,0$ genera una contracción del coágulo y como un aumento de la sinéresis.

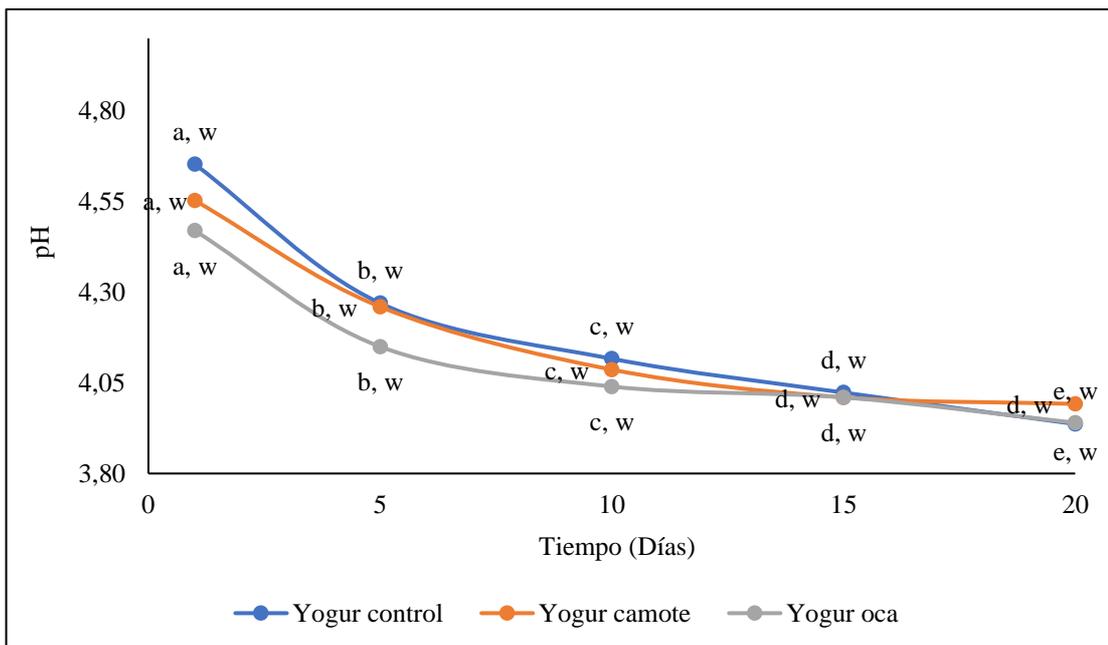


Figura 4. Variación de pH del yogur descremado control y con adición de 0,9% de harina de camote morado y oca blanca. Los valores corresponden a las medias de las réplicas \pm la desviación estándar. El índice (a, b, c, d y e) indica que existe diferencias significativas entre los yogures en función de los 20 días de almacenamiento ($p < 0,05$). Los índices (w) muestran que no existe diferencias significativas entre los yogures elaborados con harinas de cultivos andinos ($p > 0,05$).

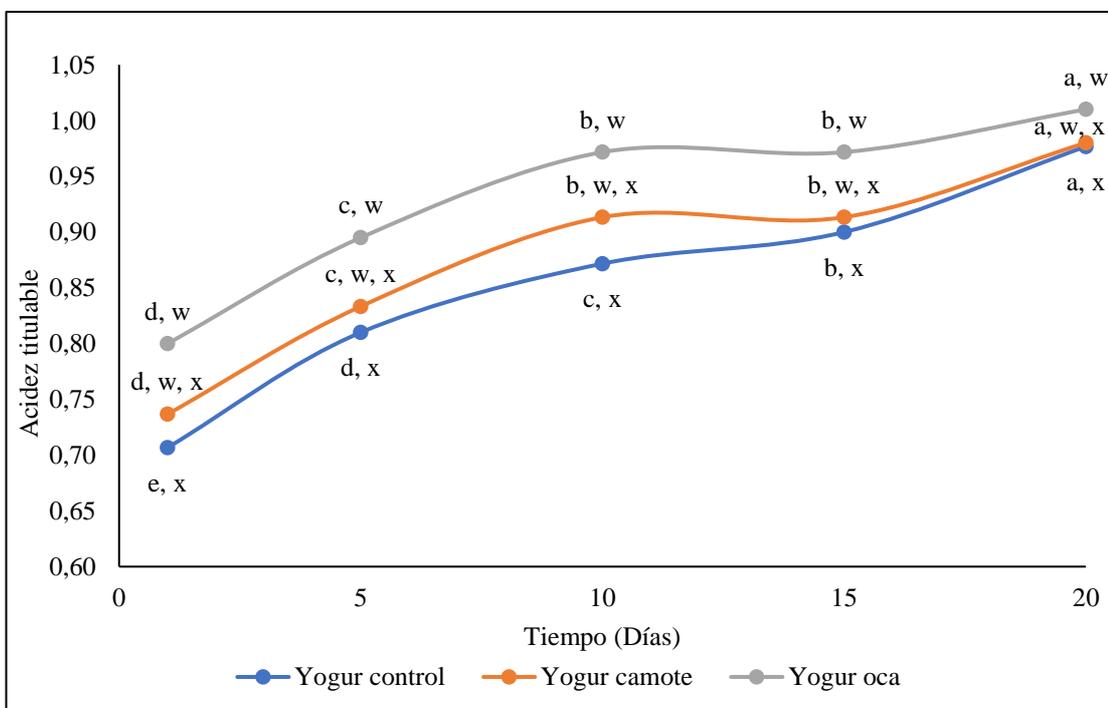


Figura 5. Variación de pH del yogur descremado control y con adición de 0,9% de harina de camote morado y oca blanca. Los valores corresponden a las medias

de las réplicas \pm la desviación estándar. El índice (a, b, c, d y e) indica que existe diferencias significativas entre los yogures en función de los 20 días de almacenamiento ($p < 0,05$). Los índices (w) muestran que no existe diferencias significativas entre los yogures elaborados con harinas de cultivos andinos ($p > 0,05$).

Por otro lado, **Afiati et al. (2018)** recalcan que la variación de pH y acidez también pueden variar por otros factores como la cantidad de cultivo agregado y tiempo/temperatura de incubación. El análisis estadístico indica que si hubo efecto significativo en el tratamiento de adición de harina de oca blanca en comparación con el control, esto puede atribuirse de igual forma a la hidrólisis de los diferentes componentes de la oca y a los cambios bioquímicos propios del yogur durante el almacenamiento, estimando así que la acidez incrementa hasta 1,5% durante el almacenamiento en condiciones de refrigeración (**Parra, 2016**).

3.4. Composición proximal del yogur

La Tabla 6 muestra la composición proximal de las muestras de yogur. Los resultados indican diferencias significativas ($p < 0,05$) en cada uno de los parámetros analizados. Los valores de humedad de las muestras variaron entre 84,80% y 87,32%, la muestra de yogur de oca blanca presenta un valor más alto de humedad. **Igbabul et al. (2014)** señalan que el contenido máximo de humedad en un yogur debe ser del 84%, ya que valores elevados generan menos viscosidad, lo cual afecta a la textura y sensación en la boca. Asimismo, **Afiati et al. (2018)** mencionan que la adición de harina de camote morado en el yogur desnatado induce a la disminución del contenido de humedad de un 77,22 a 70,74%, sin embargo, presenta un incremento de los demás componentes como proteína (2,9 a 4,65%), grasa (1,88 a 2,59%) y cenizas (3,34), corroborando que la adición de harina de camote morado incrementa de cierta manera la composición proximal del yogur descremado.

Los estudios de **Motsa et al. (2015)** muestran que el camote presenta altos niveles de vitaminas, minerales, contenido de proteínas y fibra dietética, lo que concuerda con un estudio similar presentado por **Kibui et al. (2018)** que reporta valores de ceniza de 0,52 a 1,10% en muestras de yogur con adición de chía y 0,89 a 1,01 g, un nivel de proteína de 3,98 a 4,51 g en muestras de un yogur bajo en grasa enriquecido con concentrado de proteína de suero (**Atallah et al., 2020**). El contenido de cenizas está

estrechamente relacionado con la cantidad de minerales presentes en las matrices de enriquecimiento del yogur, por lo que la variación de ceniza puede ser inferida por la cantidad de calcio, fósforo y potasio de las harinas (**Kibui et al., 2018; Ezeonu et al. 2016**).

El contenido de proteína en la muestra de yogur con adición de harina de oca blanca presenta un valor de 3,04% inferior al de yogur control y camote, esto debido a que la oca presenta una baja o casi nula presencia de gluten (**Caicedo, 2021**). De acuerdo con la norma **Codex STAN 243 (2003)** las muestras de yogur deben contener no menos del 2,7% respecto al contenido proteico, por lo que se estima que las muestras se encuentran dentro del rango establecido.

Kibui et al. (2018) mencionan que el contenido de fibra mejora significativamente la textura y estructura del yogur, además de reducir la retención de lípidos y el contenido calórico al actuar como agente de carga. Por su parte, **Afiati et al. (2018)** mencionan que la fibra dietética estimula selectivamente la microbiota en el intestino y proporciona efectos beneficiosos para la salud, por lo que la ingesta de fibra dietética adecuada en niños y adultos es de 14 g por 1000 kcal.

Así también, el contenido de carbohidratos de las muestras se encuentra por debajo de lo reportado por **Kibui et al. (2018)** quienes estiman que el contenido de carbohidratos debe ser entre 13,7 y 17,7%. En el estudio de **Leon Marrou et al. (2011)** se muestra que por 100g de material fresco presenta 13,3 g de carbohidratos, humedad 84,1g, 1,0g proteína, 1,0 cenizas y 61 kcal. Los carbohidratos presentes en las harinas ayudan al crecimiento de los probióticos en los productos fermentados (**Sameen et al., 2021**). Por tanto, el bajo contenido en las muestras se debe a que la mayor parte de la lactosa se convirtió en ácido láctico generando así un alimento ideal para personas con intolerancia a la lactosa (**Kibui et al., 2018**).

En cuanto a las calorías, el yogur de camote morado presenta un mayor aporte energético (57,39 kcal/100g) a diferencia de las demás muestras, estimando así que la adición de harina de camote genera cambios en la en la composición del yogur.

Tabla 6. Composición proximal del yogur descremado con adición de harinas de cultivos andinos.

| Parámetros | Muestras | | |
|--|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | Yogur Control | Yogur Camote morado | Yogur Oca blanca |
| Humedad | 88,57 ± 0,18 ^a | 84,80 ± 0,18 ^c | 87,32 ± 0,11 ^b |
| Cenizas | 0,80 ± 0,12 ^b | 1,07 ± 0,03 ^a | 0,93 ± 0,01 ^{ab} |
| pH | 4,20 ± 0,01 ^a | 4,18 ± 0,01 ^a | 4,12 ± 0,01 ^a |
| Acidez titulable | 0,85 ± 0,005 ^b | 0,88 ± 0,01 ^{ab} | 0,93 ± 0,01 ^a |
| Proteína | 2,84 ± 0,05 ^c | 3,86 ± 0,05 ^a | 3,04 ± 0,05 ^b |
| Grasa | 1,03 ± 0,05 ^c | 1,34 ± 0,05 ^a | 1,20 ± 0,05 ^b |
| Fibra | 2,19 ± 0,05 ^c | 2,91 ± 0,05 ^a | 2,74 ± 0,05 ^b |
| Carbohidratos | 4,56 ± 0,27 ^b | 6,02 ± 0,10 ^a | 4,77 ± 0,24 ^b |
| Calorías (kcal/100g) | 43,27 ± 0,00 ^c | 57,39 ± 0,00 ^a | 47,51 ± 0,00 ^b |
| Calorías de la grasa (kcal/100g) | 9,27 ± 0,45 ^c | 12,06 ± 0,45 ^a | 10,80 ± 0,45 ^b |
| Calorías de la grasa y carbohidratos (kcal/100g) | 22,64 ± 0,10 ^b | 29,89 ± 0,10 ^a | 24,55 ± 0,10 ^b |
| Calorías de la proteína (kcal/100g) | 11,36 ± 0,20 ^c | 15,44 ± 0,20 ^a | 12,16 ± 0,20 ^a |

Los valores corresponden a las medias de las réplicas ± la desviación estándar.

Los índices (a, b, c) muestran diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los yogures.

3.5. Viscosidad aparente

Los parámetros reológicos presentan un impacto importante en cuanto a la calidad y aceptabilidad de los alimentos. Uno de los parámetros que caracterizan el comportamiento del flujo en los alimentos es la viscosidad, el cual es la medida de la resistencia a la velocidad de deformación. El yogur es considerado un fluido no newtoniano debido a que disminuye la viscosidad aparente en dependencia del tiempo y adelgazamiento del corte (Aryana & Olson, 2017; Prasanna & Rastall, 2017).

Se aplicó la ley de la potencia para describir el comportamiento reológico del yogur (Tabla 7), las muestras incluido el control presentan un comportamiento pseudoplástico, ya que exhibe un valor de índice de comportamiento $n < 1$. Saleh et al. (2020) notaron un comportamiento similar en cuanto a la pseudoplasticidad de los

yogures con diferentes tipos de almidón en donde la interacción entre las moléculas de amilosa y la red de caseína en almidones de papa y camote exhiben mayor pseudoplasticidad en relación con el yogur que contenía almidón de frijoles turcos, que al presentar un valor de n más alto fue menos pseudoplástica. Otros investigadores atribuyen la alta viscosidad del yogur al contenido de sólidos de la leche (**Karnopp et al. 2017**).

Las muestras presentaron una diferencia significativa ($p < 0,05$) en cuanto a la viscosidad. En la Figura 6 se muestran el comportamiento de la viscosidad aparente en relación con la velocidad de deformación. Los valores más altos de viscosidad se obtuvieron en las muestras de yogur de camote y oca blanca con valores de 1248,7 mPa.s y 1171,2 mPa.s, respectivamente; en comparación con el yogur control cuyo valor es de 842,2 mPa.s. Esta disminución de viscosidad puede deberse al incremento de la acidez y reducción de pH, provocando el desuerado en el yogur. Este efecto de sinéresis se evidenció notablemente en el yogur de oca blanca (Anexo 7) lo cual infirió en la viscosidad de este. **Ramírez-Navas (2006)** menciona que, a mayor viscosidad, el fluido opondrá mayor resistencia a su deformación, esto se evidenció en el yogur de camote que debido a su viscosidad dificultó la medición.

Estudios similares realizados por **Sameen et al. (2016)** mencionan que la adición de camote morado y malanga mejora la textura del yogur. A su vez, **El-Attar et al. (2022)** reportan un valor de 8820,67 mPa.s en muestras de yogur enriquecidos con harina de camote (0,4 %) a los 14 días de almacenamiento, lo que indica una estructura más espesa en comparación con el yogur control, debido a que el almidón de camote endurece el yogur, incrementa la viscosidad y disminuye sustancialmente el desuerado (**Saleh et al., 2020**). Por su parte, **El-Attar et al. (2022)** mencionan que el almidón al estar conformado por moléculas de amilopectina presenta una fuerte capacidad de unión al agua lo cual puede incrementar la viscosidad del yogur.

De igual forma, **Sameen et al. (2016)** reportan valores de viscosidad para un yogur con 0,5 % de fécula de boniato de 2388 a 2203cp, y una viscosidad en yogur con 0,5% de fécula de taro de 1938 y 1798 cp al día 0 y al día 15 de almacenamiento. Por otro lado, **Sánchez Moreno (2018)** mostró que a los 20 días de almacenamiento la viscosidad fue de 1121,63 mPa.s en el yogur con adición del 0,9 % de harina de

melloco en comparación con el yogur control cuyo valor oscila en 975,13 mPa.s, por lo que se concluye que la adición de harina de melloco influye positivamente en la viscosidad del yogur. Asimismo, **Sameen et al. (2016)** recalcan que el aumento de la viscosidad se debe a la reorganización de las proteínas, por tanto los factores como pH, temperatura de almacenamiento, tratamiento térmico, composición y la concentración de grasa y proteínas influyen de cierta manera en la variación de viscosidad. Para reducir los niveles de viscosidad la industria láctea sugiere la adición de estabilizantes, sin embargo, su uso excesivo estabiliza en gran proporción el gel, lo cual genera una estructura gomosa y sabores extraños (**Mendoza Mendoza, 2021**).

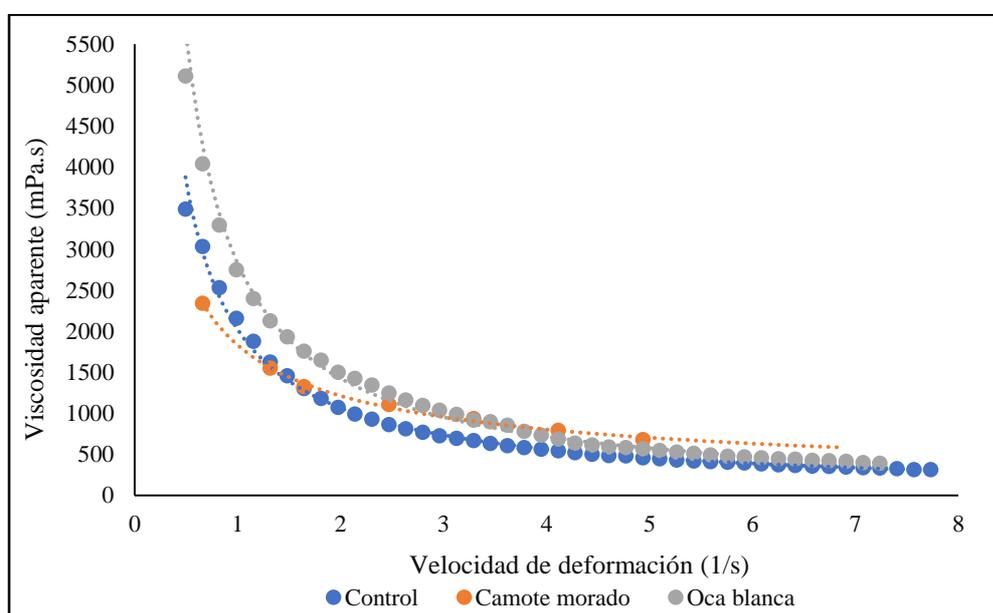


Figura 6. Viscosidad en función de la velocidad de deformación de las muestras de yogur control y yogur con adición del 0,9 % de harina de camote morado y oca blanca.

Tabla 7. Coeficiente de correlación de las muestras de yogur.

| Tratamientos | Viscosidad | |
|------------------|--|-------------------------------|
| | Ecuación | Coefficiente de determinación |
| Y. Control | $\eta = 2022,7(\dot{\gamma})^{-0,922}$ | 0,9922 |
| Y. Camote morado | $\eta = 1832(\dot{\gamma})^{-0,594}$ | 0,9974 |
| Y. Oca blanca | $\eta = 2832,7(\dot{\gamma})^{-0,99}$ | 0,995 |

3.6. Consistencia

La consistencia es otro factor importante en la producción del yogur desde un punto de vista tecnológico. Para caracterizar este parámetro de los alimentos se emplea un Consistómetro de Bostwick que permite evaluar la consistencia mediante la medida de la distancia sobre la que fluye un material en una superficie lisa bajo la influencia de su propio peso en un tiempo determinado (**Barbosa-Cánovas & Albert, 2005**). Los resultados obtenidos de consistencia se muestran en la Tabla 8. **Perona (2005)** reportó que la consistencia es inversamente proporcional a la viscosidad, por lo que, a menor desplazamiento del fluido, mayor será su viscosidad (Figura 6). El yogur de camote exhibió una estructura más espesa y viscosa a simple vista en comparación con la muestra de oca blanca, sin embargo, esto no se relaciona con la medición debido a que el valor dado por el consistómetro se ve afectado por varios parámetros como la temperatura y los sólidos solubles (**Muyambo & Urombo, 2018**).

En este sentido, **Guénard-Lampron et al. (2020)** señalan que la temperatura y tiempo de almacenamiento influyen en las propiedades de consistencia del yogur sin grasa. Sin embargo, **Muyambo & Urombo (2018)** sugieren que los resultados del consistómetro no son relacionados directamente con los parámetros reológicos debido a que intervienen factores como la tensión superficial y el poder de humectante.

Tabla 8. Consistencia de Bostwick de diferentes muestras.

| Muestras | Consistencia (cm) | Tiempo (seg) | Temperatura (°C) |
|---------------|-------------------|--------------|------------------|
| Yogur Control | 13,97 | 30,00 | 7,77 |
| Yogur Camote | 11,83 | 30,00 | 6,37 |
| Yogur Oca | 11,40 | 30,00 | 8,00 |

3.7. Color

El color es considerado un descriptor de calidad, por lo que este atributo influye en los parámetros visuales de los alimentos. Los resultados de color L*, a* y b* de las muestras de yogur control y yogur con adición de harina de camote morado y oca blanca se presentan en las Figura 10, 11 y 12, respectivamente. La muestra de yogur con oca blanca presenta un valor mayor de luminosidad (70,95) en comparación con

el yogur control (65,72) y oca blanca (67,40), esta variación de lectura de luminosidad está relacionada con el diferente grado de opacidad del gel (Milovanovic et al., 2020). Martínez & Mula (2022) mencionan que la luminosidad puede verse afectada durante el tiempo de almacenamiento y los cambios químicos de la leche como el contenido de carotenoide, riboflavina y proteína, de igual forma, la reducción del contenido de materia grasa en la leche confiere al yogur un color más claro. Resultados similares se observaron con Martínez & Mula (2022) quienes reportan un valor de L* de 82,80 en muestras de yogur con la adición de flor de azafrán a los 21 días de almacenamiento en frío, por lo que se estima que la reducción de luminosidad en las muestras se relaciona con la oxidación de lípidos y la variación de pH y acidez.

Tendencia opuesta al color del camote fue observada por El-Attar et al. (2022) que revelan valores promedio de L* (luminosidad / blancura) de 85,07 y 83,47 en muestras de yogur con adición del 2% de harina de batata naranja al día 0 y 14 de almacenamiento, respectivamente, atribuido a la variedad de camote empleado para el análisis.

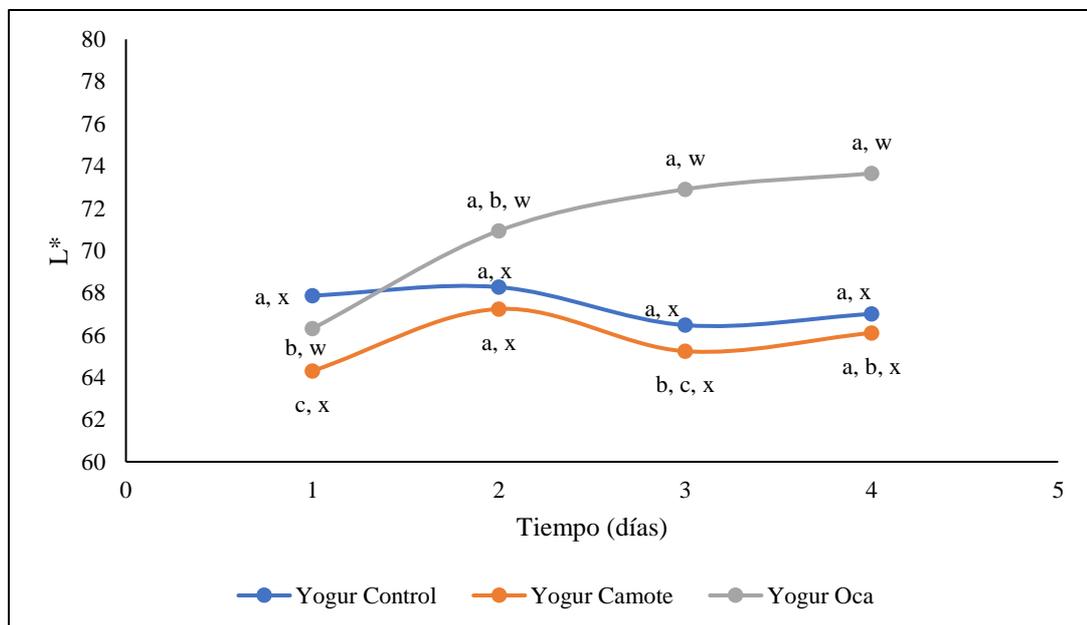


Figura 7. Luminosidad (L*) del yogur control, yogur de camote morado y oca blanca. Los valores corresponden a las medias de las réplicas \pm la desviación estándar. El índice (a, b, c, d y e) indica que existe diferencias significativas entre los yogures en función de los 20 días de almacenamiento ($p < 0,05$). Los índices (w) muestran que no existe diferencias significativas entre los yogures elaborados con harinas de cultivos andinos ($p > 0,05$).

Respecto al parámetro de color a^* , en la Figura 8 se observa que el yogurt de camote presentó una tendencia a rojos que aumentó del primer día de almacenamiento hasta el día 20 de este. Asimismo, se observa que el yogurt de oca blanca presentó valores de a^* negativos que hacen referencia a una tendencia a colores azules. **El-Attar et al. (2022)** reporta valores de a^* de 0,50 a 5,38 a los 0 y 14 días de almacenamiento en yogures suplementado con harina de camote. En este estudio se observa que la variación en el yogur con camote fue de 1,33 a 3,57, observándose que se encuentra dentro del rango.

Por otro lado, **Milovanovic et al. (2020)** mencionan que la leche fermentada posee una cromaticidad rojiza entre $-3,8 \pm 1,7$, cuyo valor se incrementa al agregar algún tipo de fruta ($6,0 \pm 6,6$), esto indica que al inicio del almacenamiento el yogur poseía una tendencia a azules que fue incrementando hasta obtenerse una tendencia a rojos, esta tendencia se atribuyen a los pigmentos naturales presentes en el camote (**Abdeldaiem et al., 2023**), al igual que el contenido de azúcares, proteína, compuestos fenólicos y carotenoides (betacaroteno) (**Escobar-Puentes et al., 2022**).

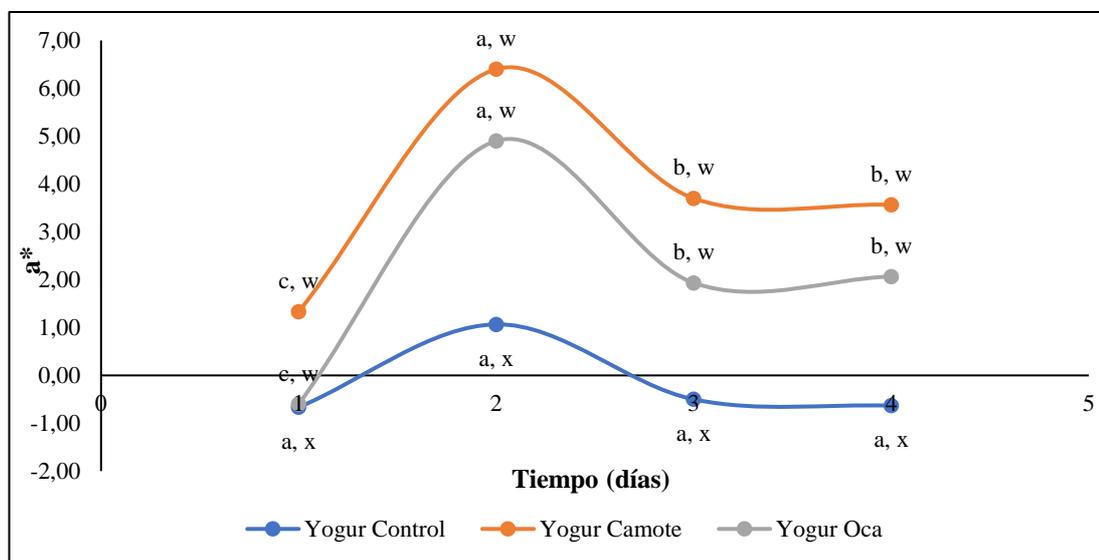


Figura 8. Tendencia rojos (a^*) del yogur control, yogur de camote morado y oca blanca. Los valores de a^* corresponden a las medias de las réplicas \pm la desviación estándar. Los valores corresponden a las medias de las réplicas \pm la desviación estándar. El índice (a, b, c, d y e) indica que existe diferencias significativas entre los yogures en función de los 20 días de almacenamiento ($p < 0,05$). Los índices (w) muestran que no existe diferencias significativas entre los yogures elaborados con harinas de cultivos andinos ($p > 0,05$).

Los valores b^* de la muestra de yogur control y oca blanca presentan diferencias significativas con relación a la muestra de yogur de camote. Esta variación está relacionada con el incremento de sinéresis durante el almacenamiento debido a la disminución del pH e incremento de la acidez. Por su parte, **Abdeldaiem et al. (2023)** señalan que la disminución gradual de amarilleo (b^*) puede estar relacionado con la concentración de polvo añadido a las muestras.

Por otro lado, el yogur de camote presenta un valor b^* (6,03), cuyo valor muestra cierta similitud al estudio realizado por **El-Attar et al. (2022)** que reporta valores de b^* a los 0 y 14 días de almacenamiento de 14,8 a 22,67 en yogures enriquecidos con harina de camote. Se informó tendencias similares en el yogur con cúrcuma a los 14 días de almacenamiento (**Wijsekara et al. 2022**). **Costa et al. (2022)** mencionan que la tendencia a coloración verdosas se debe a un mayor contenido de proteína, al igual que un reducido contenido de grasa, por lo que se obtiene productos con mayor separación del suero y cuerpo débil de textura pobre (**Paz-Díaz et al. 2021**).

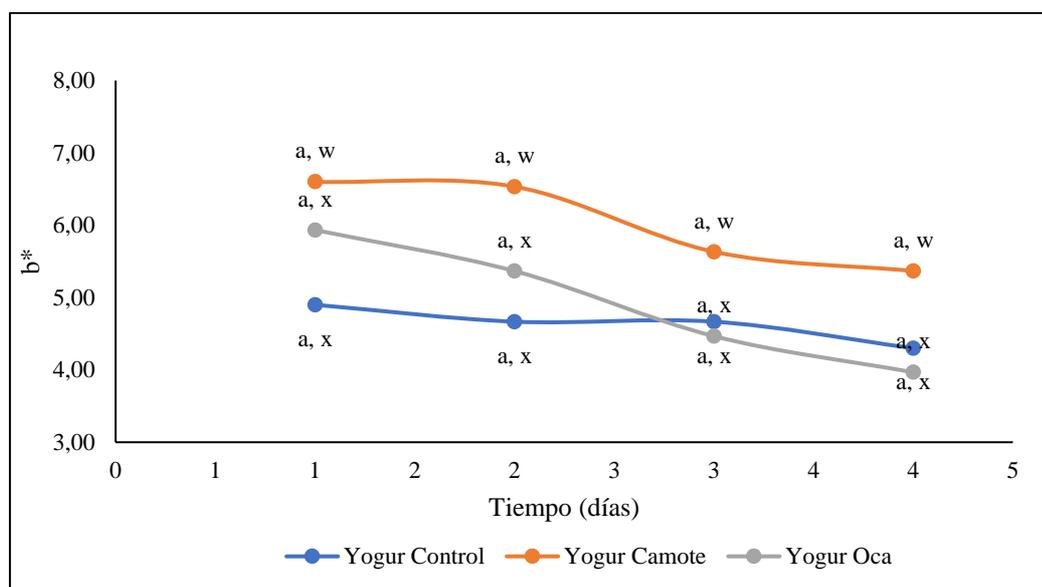


Figura 9. Parámetro amarillo (b^*) del yogur control, yogur de camote morado y oca blanca. Los valores de b^* corresponden a las medias de las réplicas \pm la desviación estándar. Los valores corresponden a las medias de las réplicas \pm la desviación estándar. El índice (a, b, c, d y e) indica que existe diferencias significativas entre los yogures en función de los 20 días de almacenamiento ($p < 0,05$). Los índices (w) muestran que no existe diferencias significativas entre los yogures elaborados con harinas de cultivos andinos ($p > 0,05$).

3.8. Análisis sensorial

La evaluación sensorial permite distinguir las cualidades de color, olor, sabor y textura del producto que son apreciables a simple vista en términos de aceptabilidad por parte de los catadores. Por tanto, para evaluar la calidad sensorial de las muestras se valoraron aspectos como el color, olor, sabor, viscosidad y aceptabilidad, los cuales se pueden evidenciar en la Figura 10. De acuerdo con el criterio del panel sensorial se estableció que la adición de harina de camote tiene un impacto sustancial en los atributos de sabor, viscosidad y aceptabilidad en relación con la muestra de yogur control y oca blanca.

Datos similares son reportados por **El-Attar et al. (2022)** quienes al comparar el yogur enriquecido con harina de batata presenta un perfil de color, olor, sabor y aspecto agradable en relación con el yogur comercial. Esto debido al sabor dulce y la presencia de una textura almidonada propia de la batata. Además, los resultados revelaron que el yogur control y oca blanca presentaron un menor índice de sabor y aceptabilidad debido a la elevada acidez que estos presentaban. Por su parte, **Junaid et al. (2023)** señalan que el cambio en los valores sensoriales se debe a la disminución de pH durante el periodo de almacenamiento, por lo que un mayor tiempo de almacenamiento reduce varios parámetros de calidad del yogur y con ello la aceptabilidad. Por tanto, se estima que el yogur con harina de camote es una alternativa factible para desarrollar yogur enriquecido.

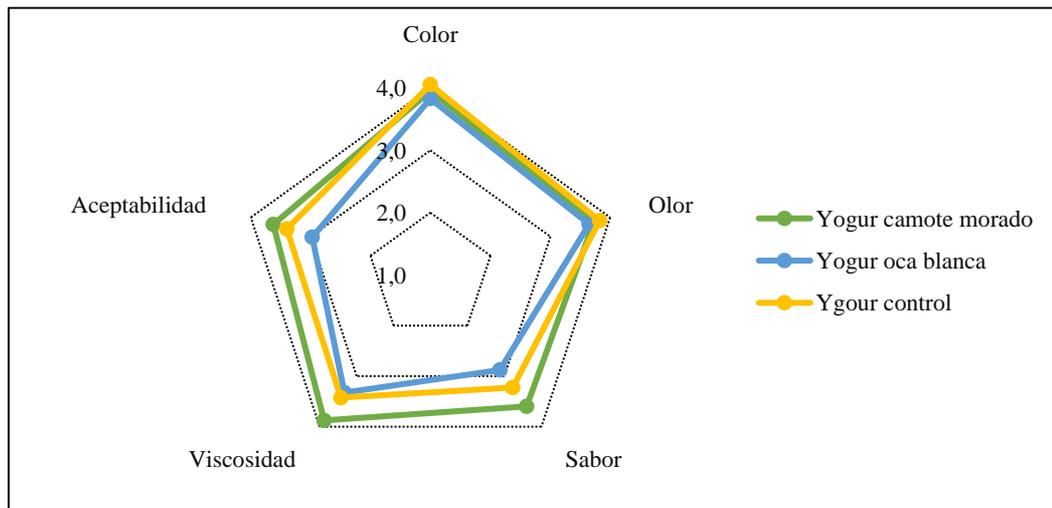


Figura 10. Parámetros sensoriales del yogur control y yogur enriquecido con 0,9% de harina de camote y oca blanca.

3.9. Verificación de la hipótesis

Mediante el análisis estadístico ANOVA y Tukey con un valor de significancia ($p \leq 0,05$), se estable la verificación de las hipótesis en donde se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa; por tanto, la adición de harina de camote morado y oca blanca afecta a las propiedades fisicoquímicas, sensoriales y viscosidad del yogur descremado.

CAPÍTULO 4

CONCLUSIONES

- Con el fin de evaluar el uso de harina de camote morado y oca blanca en la producción de yogurt descremado se realizó un estudio cualitativo del comportamiento de estas harinas y su capacidad para formar geles estables, donde se consideró la adición del cultivo iniciador, la temperatura de pasteurización e incubación y el pH final posterior a la incubación; los cuales se mantuvieron constantes y permitieron definir una formulación estable y sensorialmente aceptable.
- Las harinas de camote morado y oca blanca debido a sus características se constituyen como buenos agentes estabilizadores y mejoradores de viscosidad en la producción de un yogur descremado, se determinó que la proporción óptima para la elaboración de un yogur descremado es de 0,9 %, observándose a este porcentaje una buena capacidad de gelificación, sin sinéresis y buena viscosidad.
- La incorporación de las harinas de camote morado y oca blanca estadísticamente presentan un efecto en las propiedades fisicoquímicas del yogur, determinándose que tras la incorporación de las harinas ocurre un mayor incremento de acidez y disminución del pH durante el tiempo de almacenamiento, además, la adición de las harinas genera mayor viscosidad e incrementan el contenido nutricional del yogur.
- A través de un análisis sensorial se evaluó la capacidad del yogurt descremado producido considerando parámetros de color, olor, sabor y viscosidad; es así como se observó que el yogurt de camote morado tenía mayor aceptabilidad que el yogurt de oca blanca. Esto se debe a que la adición de harina de camote morado generó un impacto positivo en los atributos de sabor, olor, color y viscosidad.

MATERIALES DE REFERENCIA

Referencias Bibliográficas

- Abdeldaiem, A. M., Ali, A. H., Shah, N., Ayyash, M., & Mousa, A. H. (2023). Physicochemical analysis, rheological properties, and sensory evaluation of yogurt drink supplemented with roasted barley powder. *LWT*, *173*, 114319. doi:<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.114319>
- Afiati, F., Priadi, G., & Setiyoningrum, F. (2018). The improvement of functional food in yogurt enriched with purple sweet potato (*Ipomea batatas* var. Ayamurasaki). *Journal of the Indonesian Tropical Animal Agriculture*, *43*, 159. doi:10.14710/jitaa.43.2.159-168
- Alvarado, J., & Aguilera, J. M. (2001). *Métodos para Medir Propiedades Físicas en Industrias de Alimentos*: Acribia, Editorial, S.A.
- AOAC Official Method 985.29. (2003). Total dietary fiber in foods. Enzymatic-gravimetric method.
- AOAC Official Method 101.92. (2005). Association of Official Agricultural Chemists. Official methods of analysis. 18th ed. USA.
- AOAC Official Method 991.20 (2015). Nitrogen (Total) in Milk - Kjeldahl Methods.
- AOAC Official Method 2000.18. (2004). Fat content of raw and pasteurized whole milk. Gerber method by weight (Method I). Retrieved from <http://www.smartjd.net/pdf/177/11285179.pdf>
- AOAC 925.10. (2000). Solids (total) and loss on drying (moisture). Retrieved from http://www.aocofficialmethod.org/index.php?main_page=product_info&products_id=239
- AOAC 945.46. (2016). Ash of milk. Gravimetric method. Retrieved from http://www.aocofficialmethod.org/index.php?main_page=product_info&products_id=1155
- Armijos, A. G., Villacrés, C. E., Quelal, M. B., Cobeña, G. A., & Álvarez, M. J. (2020). Evaluación físico-química y funcional de siete variedades de camote provenientes de Manabí-Ecuador.
- Aryana, K. J., & Olson, D. W. (2017). A 100-Year Review: Yogurt and other cultured dairy products. *Journal of Dairy Science*, *100*(12), 9987-10013. doi:<https://doi.org/10.3168/jds.2017-12981>
- Atallah, A. A., Morsy, O. M., & Gemiel, D. G. (2020). Characterization of functional low-fat yogurt enriched with whey protein concentrate, Ca-caseinate and spirulina. *International Journal of Food Properties*, *23*(1), 1678-1691. doi:10.1080/10942912.2020.1823409
- Barbosa-Cánovas, G. V., & Albert, I. (2005). *Operaciones unitarias en la ingeniería de alimentos*: Ediciones Mundi-Prensa.
- Boukid, F., Comaposada, J., Ribas-Agustí, A., & Castellari, M. (2021). Development of High-Protein Vegetable Creams by Using Single-Cell Ingredients from Some Microalgae Species. *10*(11), 2550
- Caicedo, D. J. A. C. e. I. (2021). Evaluación fisicoquímica y microbiológica de la extracción de harina de oca por el método tacho abierto. *28*(1), 56-63.
- Campos, D., Chirinos, R., Gálvez Ranilla, L., & Pedreschi, R. (2018). Chapter Eight - Bioactive Potential of Andean Fruits, Seeds, and Tubers. In F. Toldrá (Ed.),

- Advances in Food and Nutrition Research* (Vol. 84, pp. 287-343): Academic Press.
- Cartabiano Leite, C., Porcu, O., & de Francisco, A. (2020). Sweet potato (*Ipomoea batatas* L. Lam) nutritional potential and social relevance: a review. *International Journal of Engineering Research and Applications*, *10*, 23-40. doi:10.9790/9622-1006082340
- 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.
- Castro-Mendoza, M. P., Palma-Rodriguez, H. M., Heredia-Olea, E., Hernández-Uribe, J. P., López-Villegas, E. O., Serna-Saldivar, S. O., & Vargas-Torres, A. (2019). Characterization of a Mixture of Oca (*Oxalis tuberosa*) and Oat Extrudate Flours: Antioxidant and Physicochemical Attributes. *Journal of Food Quality*, *2019*, 1238562. doi:10.1155/2019/1238562
- 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*, 3631647. doi:10.1155/2016/3631647
- Choquechambi, L. A., Callisaya, I. R., Ramos, A., Bosque, H., Mújica, A., Jacobsen, S. E., . . . Leidi, E. O. (2019). Assessing the Nutritional Value of Root and Tuber Crops from Bolivia and Peru. *Foods*, *8*(11). doi:10.3390/foods8110526
- Cifelli, C. J., Agarwal, S., & Fulgoni, V. L. (2020). Association of Yogurt Consumption with Nutrient Intakes, Nutrient Adequacy, and Diet Quality in American Children and Adults. *12*(11), 3435.
- Cobeña Ruiz, G., Cañarte Bermúdez, E., Mendoza García, A., Cárdenas Guillen, F. M., & Guzmán Cedeño, Á. (2017). Manual técnico del cultivo de camote.
- Codex Alimentarius (2003). Norma para leches fermentadas. Codex Stan 243-2003.
- Costa, M. P., Rosario, A., Silva, V. L. M., Vieira, C. P., & Conte-Junior, C. A. (2022). Rheological, Physical and Sensory Evaluation of Low-Fat Cupuassu Goat Milk Yogurts Supplemented with Fat Replacer. *Food Sci Anim Resour*, *42*(2), 210-224. doi:10.5851/kosfa.2021.e64
- Dai, S., Corke, H., & Shah, N. P. (2016). Utilization of konjac glucomannan as a fat replacer in low-fat and skimmed yogurt. *Journal of Dairy Science*, *99*(9), 7063-7074. doi:https://doi.org/10.3168/jds.2016-11131
- El-Attar, A., Ahmed, N. E.-H., El-Soda, M., Zaki, S. M. J. F., & Sciences, N. (2022). The Impact of Sweet Potato Flour Supplementation on Functional and Sensorial Properties of Yoghurt. *13*(4), 404-423.
- 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. *11*(7), 1058.
- Ezeonu, C. S., Tatah, V. S., Nwokwu, C. D., Jackson, S. J. A. i. B., & Microbiology. (2016). Quantification of physicochemical components in yoghurts from coconut, tiger nut and fresh cow milk. *1*(5), 555573.
- Genebank. (2022). Nine native Andean root and tuber crops hold economic and nutritional importance for subsistence farmers in the Andes. Retrieved from <https://www.genebanks.org/resources/crops/andean-roots-tuber-crops/#:~:text=These%20lesser%2Dknown%20roots%20and,of%20the%20world%2C%20and%20exportation>

- 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
- Gotor, E., Bellon, A., Polar, V., & Caracciolo, F. (2017). Assessing the Benefits of Andean Crop Diversity on Farmers' Livelihood: Insights from a Development Programme in Bolivia and Peru. 29(7), 877-898. doi:https://doi.org/10.1002/jid.3270
- Guénard-Lampron, V., Villeneuve, S., St-Gelais, D., & Turgeon, S. L. (2020). Relationship between smoothing temperature, storage time, syneresis and rheological properties of stirred yogurt. *International Dairy Journal*, 109, 104742. doi:https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2020.104742
- Igbabul, Bibiana, Shember, Joseph, Amove, & Science, J. J. A. J. o. F. (2014). Physicochemical, microbiological and sensory evaluation of yoghurt sold in Makurdi metropolis. 5, 129-135.
- Jacobsen, S. E., Mujica, A., & Ortiz, R. (2003). The Global Potential for Quinoa and Other Andean Crops. *Food Reviews International*, 19(1-2), 139-148. doi:10.1081/FRI-120018880
- Jovanović, M., Petrović, M., Miočinović, J., Zlatanović, S., Laličić Petronijević, J., Mitić-Čulafić, D., & Gorjanović, S. (2020). Bioactivity and Sensory Properties of Probiotic Yogurt Fortified with Apple Pomace Flour. 9(6), 763.
- Junaid, M., Inayat, S., Gulzar, N., Khaliq, A., Shahzad, F., Irshad, I., & Imran, M. (2023). Physical, chemical, microbial, and sensory evaluation and fatty acid profiling of value-added drinking yogurt (laban) under various storage conditions. *Journal of Dairy Science*, 106(1), 39-46. doi:https://doi.org/10.3168/jds.2022-22358
- Kamble, A., & Deshmukh, R. (2022). Yogurt Market by Type (Set Yogurt, Greek Yogurt, Yogurt Drinks, Frozen Yogurt), by Flavor (Plain, Flavored), by Source (Dairy Based Yogurt, Non Dairy Based Yogurt), by Distribution Channel (Supermarkets And Hypermarkets, Convenience Stores, Specialist Retailers, Online Stores, Others): Global Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2020-2031. Retrieved from <https://www.alliedmarketresearch.com/request-sample/2269>
- Karnopp, A. R., Oliveira, K. G., de Andrade, E. F., Postinger, B. M., & Granato, D. (2017). Optimization of an organic yogurt based on sensorial, nutritional, and functional perspectives. *Food Chemistry*, 233, 401-411. doi:https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.04.112
- Kibui, A., Owaga, E., & Mburu, M. (2018). Proximate composition and nutritional characterization of chia enriched yoghurt. *AFRICAN JOURNAL OF FOOD, AGRICULTURE, NUTRITION AND DEVELOPMENT*, 18, 13239-13253. doi:10.18697/ajfand.81.17635
- Kok, C. R., & Hutkins, R. (2018). Yogurt and other fermented foods as sources of health-promoting bacteria. *Nutrition Reviews*, 76(Supplement_1), 4-15. doi:10.1093/nutrit/nuy056 %J Nutrition Reviews
- Larrea, C., & Freire, W. J. R. p. d. s. p. (2002). Social inequality and child malnutrition in four Andean countries. 11(5-6), 356-364.
- Leon Marrou, M. E., Villacorta Gonzalez, M. Y., & Pagador Flores, S. E. J. R. V. d. C. y. T. d. A. (2011). Chemical composition of " oca"(Oxalis tuberosa),'arracacha'(Arracaccia xanthorrhiza) and'tarwi'(Lupinus mutabilis). Formulation of a base mixture for food. 2(2), 239-252.

- Loebenstein, G. (2015). Chapter Two - Control of Sweet Potato Virus Diseases. In G. Loebenstein & N. I. Katis (Eds.), *Advances in Virus Research* (Vol. 91, pp. 33-45): Academic Press.
- 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>
- Manfugás, J. E. (2020). *Evaluación Sensorial de los Alimentos*: Editorial Universitaria.
- Manrique, I. (2022). Andean Roots and Tubers. Retrieved from https://cipotato.org/genebankcip/process/andean_roots_and_tubers/
- Martínez, S. G., & Mula, M. S. (2022). *Actas del III Congreso Universitario en Innovación y Sostenibilidad Agroalimentaria 2021*: Universidad Miguel Hernández.
- Maza, B., & Aguirre, Z. (2020). Diversidad de tubérculos andinos en el Ecuador Retrieved from <http://www.joethejuggler.com/Funbotanica/10tubers.html>
- Mena, M. B. P. (2013). El cultivo del camote y el clima en el Ecuador *Estudios e Investigaciones Meteorológicas INAMHI-Ecuador*
- Mendoza Mendoza, R. E. (2021). *Propiedades y características reológicas aplicadas en el yogur*. Riobamba Universidad Nacional de Chimborazo,
- Mileib Vasconcelos, C., Rodrigues Minim, V. P., & Paes Chaves, J. B. (2012). Low-calorie yogurt added with yacon flour: development and physicochemical evaluation. *Revista Chilena de Nutrición*, 39(3), 65-71.
- Milovanovic, B., Djekic, I., MIOCINOVIC, J., Djordjevic, V., Lorenzo, J. M., Barba, F. J., . . . Tomasevic, I. (2020). What Is the Color of Milk and Dairy Products and How Is It Measured? , 9(11), 1629.
- Mohanraj, R., & Sivasankar, S. (2014). Sweet potato (*Ipomoea batatas* L. Lam) - A valuable medicinal food: A review. *J Med Food*, 17(7), 733-741. doi:10.1089/jmf.2013.2818
- Monteros-Altamirano, A., Paredes, D., Buitrón-Bustamante, J., Tapia, C., & Peña, G. (2021). Genetic diversity of sweet potatoes *Ipomoea batatas* (L) Lam. in Ecuador. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 68(1), 307-320. doi:10.1007/s10722-020-00987-4
- Moorthy, S. N. (2004). 11 - Tropical sources of starch. In A.-C. Eliasson (Ed.), *Starch in Food* (pp. 321-359): Woodhead Publishing.
- Morillo, C., Cruz, A., Morillo, C., Leguizamo, M., & Fernanda, M. J. R. C. d. B. (2019). Morphological and molecular characterization of *Oxalis tuberosa* Mol. in the department of Boyacá. 21(1), 18-28.
- Moscoe, L. (2015). *The role of crop varietal diversity in food sovereignty: the example of oca (Oxalis tuberosa)*.
- Motsa, N. M., Modi, A. T., & Mabhaudhi, T. J. S. A. J. o. S. (2015). Sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) as a drought tolerant and food security crop. 111, 1-8.
- Muyambo, S., & Urombo, J. (2018). Shelf quality studies: modelling of the flow quality and lactic acid bacteria-bifidobacteria quantity, as parameters for monitoring shelf quality of stirred yogurt using shelf time, ph, bostwick consistency and temperature. 8, 1-012. doi:10.14303/irjbb.2017.078
- NTE INEN 2395. (2011). *LECHES FERMENTADAS. REQUISITOS*. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte-inen-2395-2r.pdf>

- NTE INEN-ISO 2446. (2013). Leche. Determinación del contenido de grasa. Retrieved from <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:2446:ed-2:v1:en>
- NTE INEN 0009. (2012). Leche Cruda. Requisitos. Retrieved from <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/9-5.pdf>
- NTE INEN 13. (2012). Leche. Determinación de la acidez titulable. Retrieved from https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_009_6r.pdf
- NTE INEN 526. (2013). Harinas de origen vegetal. Determinación de la concentración de Ión Hidrógeno o pH.
- Naik, A. (2023). Production Cost Analysis and Marketing of Fermented Foods: Yoghurt. In N. Amaresan, D. Dharumadurai, & O. O. Babalola (Eds.), *Food Microbiology Based Entrepreneurship: Making Money From Microbes* (pp. 215-231). Singapore: Springer Nature Singapore.
- O'Hair, S. K., & Maynard, D. N. (2003). VEGETABLES OF TROPICAL CLIMATES | Root Crops of Uplands. In B. Caballero (Ed.), *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition (Second Edition)* (pp. 5962-5965). Oxford: Academic Press.
- Pappa, E. C., Kondyli, E., MacNaughtan, W., Kakouri, A., Nesseris, K., Israilides, C. J. F., & Sciences, N. (2018). Quality and sensory properties of reduced fat yoghurt made with addition of β -glucans. *9*(4), 390-402.
- Parra, R. (2016). Uso de rubas (*ullucus tuberosus*) en la elaboración y caracterización de yogur. *Temas Agrarios*, *20*(1), 91-102. doi:10.21897/rta.v20i1.751
- Paz-Díaz, H. J., Mora-Vergara, L. Z., Navarro-Arana, C. E., Navarro, A. S., & Pacheco-Valderrama, M. M. (2021). Effect of process variables on the physicochemical and rheological properties of yogurt %J Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica. *24*.
- Perona, P. (2005). Bostwick Degree and Rheological Properties: an Up-to-date Viewpoint. *Applied Rheology*, *15*. doi:10.1515/arh-2005-0013
- Prasanna, P. H. P., & Rastall, R. A. (2017). Chapter 9 - Potential Applications of Prebiotics to Yogurt and Impact on Health. In N. P. Shah (Ed.), *Yogurt in Health and Disease Prevention* (pp. 171-182): Academic Press.
- PRNewswire. (2022). Yogurt Market Size worth USD 162.04 Billion Globally with a Healthy CAGR of 5.30% by 2029, Size, Share, Trends, Rising Demand, Market Dynamics, and Revenue Outlook.
- Ramírez-Navas, J. S. (2006). *Introducción a la Reología de los alimentos*: Revista ReCiTeIA.
- Roca, W. M., Ynouye, C., Manrique, I., Arbizu, C., & Gomez, R. J. C. H. (2007). Indigenous andean root and tuber crops: New foods for the new millennium. *47*(4), 13-19.
- Salazar, D., Arancibia, M., Silva, D. R., López-Caballero, M. E., & Montero, M. P. (2021). Exploring the Potential of Andean Crops for the Production of Gluten-Free Muffins. *11*(8), 1642.
- Salazar, D. (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
- Sameen, A., Khan, M., Sattar, M., Javid, A., & Ayub, A. (2016). Quality evaluation of yoghurt stabilized with sweet potato (*Ipomoea batatas*) and taro (*Colocassia*

- esculenta) starch. *International Journal of Food and Allied Sciences*, 2. doi:10.21620/ijfaas.2016123-29
- Sameen, A., Mushtaq, B. S., Hussain, M. B., Javed, A., Plygun, S., Korneeva, O., . . . Sciences, F. (2021). Development and evaluation of yogurt supplemented with lentil flour. *2021*, 1005-1009.
- 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 . . .
- Şanlıdere Aloglu, H., & Öner, Z. (2011). Determination of antioxidant activity of bioactive peptide fractions obtained from yogurt. *Journal of Dairy Science*, 94(11), 5305-5314. doi:https://doi.org/10.3168/jds.2011-4285
- Savage, G. P., Mason, S. L., & Vanhanen, L. (2008). The effect of storage on the oxalate content of New Zealand grown oca. *International Journal of Food Science & Technology*, 43(12), 2130-2133. doi:https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2008.01807.x
- Shelly, R. R. C., & Lagarriga, J. M. (2004). *Productos lácteos. Tecnología*: Edicions de la UPC, S.L.
- Suwannaphan, S. J. I. F. R. J. (2022). Quality evaluation of non-fat goat milk yogurt supplemented with purple sweet potato flour. *29*(6).
- Tamillow, K. (2012). Retrieved from <https://www.americaeconomia.com/analisis-opinion/el-boom-del-consumo-de-yogurt-en-latinoamerica>
- Unicef. (2021). Desnutrición Crónica Infantil. Uno de los mayores problemas de salud pública en Ecuador. Retrieved from <https://www.unicef.org/ecuador/desnutrici%C3%B3n-cr%C3%B3nica-infantil>
- Vera, N. G., Espino Manzano, S. O., & Hernandez, H. M. H. (2018). Chapter 6 - Use of Oxalis tuberosa in Gluten-free Baked Goods Manufacture. In A. M. Holban & A. M. Grumezescu (Eds.), *Alternative and Replacement Foods* (pp. 167-175): Academic Press.
- Vidal, A. R., Zaucedo-Zuñiga, A. L., & Ramos-García, M. d. L. (2018). Propiedades nutrimentales del camote (Ipomoea batatas l.) y sus beneficios en la salud humana. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 19(2).
- Wijesekara, A., Weerasingha, V., Jayarathna, S., & Priyashantha, H. (2022). Quality parameters of natural phenolics and its impact on physicochemical, microbiological, and sensory quality attributes of probiotic stirred yogurt during the storage. *Food Chem X*, 14, 100332. doi:10.1016/j.fochx.2022.100332

ANEXOS

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



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

0000857

CERTIFICADO DE ANALISIS DE LABORATORIO

| | | |
|---|---|--------------|
| Certificado No: 22-161 | | R01-7.8.03 |
| Solicitud N°: 22-161 | | Pág.: 1 de 2 |
| Fecha recepción: 23 de noviembre de 2022 | Fecha de ejecución de ensayos: 28 de noviembre al 05 de diciembre de 2022 | |
| Información del cliente: | | |
| Empresa: | C.L/RUC: 1804402673 | |
| Representante: Mariana Elena Montachana | Tif: 0962809309 | |
| Dirección: Ambato | E mail: mmontachana2673@uta.edu.ec | |
| Ciudad: Ambato | | |
| Descripción de las muestras: | | |
| Producto: Yogurt | Vol.: 125g | |
| Marca comercial: n/a | Tipo de envase: Envase Plástica | |
| Lote: n/a | No de muestras: Tres | |
| 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: 21 de noviembre de 2022 | |

RESULTADOS OBTENIDOS

| Muestras | Código del laboratorio | Código cliente | Ensayos solicitados/Técnica | Métodos utilizados | Unidades | Resultados |
|---------------------------------|------------------------|----------------|--|--|-----------|------------|
| Yogurt Descremado Blanco | 16122327 | Blanco | Proteína, Kjeldhal | PE11-7.2-FQ. AOAC Ed. 21, 2019 2001.11 | %(Nx6,25) | 3,13 |
| | | | Grasa, Gravimetría | PE04-7.2-FQ. AOAC Ed. 21, 2019 991.36 | % | 2,97 |
| | | | Fibra dietética total Gravimétrico-Enzimática | AOAC 985.29. Ed. 21, 2019 | % | 2,1 |
| Yogurt Descremado Oca Blanca | 16122328 | Oca Blanca | Proteína, Kjeldhal | PE11-7.2-FQ. AOAC Ed. 21, 2019 2001.11 | %(Nx6,25) | 3,04 |
| | | | Grasa, Gravimetría | PE04-7.2-FQ. AOAC Ed. 21, 2019 991.36 | % | 1,2 |
| | | | Fibra dietética total, Gravimétrico-Enzimática | AOAC 985.29. Ed. 21, 2019 | % | 2,74 |
| Yogurt Descremado Camote Morado | 16122329 | Camote morado | Proteína, Kjeldhal | PE11-7.2-FQ. AOAC Ed. 21, 2019 2001.11 | %(Nx6,25) | 3,86 |
| | | | Grasa, Gravimetría | PE04-7.2-FQ. AOAC Ed. 21, 2019 991.36 | % | 1,34 |
| | | | Fibra dietética total, Gravimétrico-Enzimática | AOAC 985.29. Ed. 21, 2019 | % | 2,91 |



Dir.: Universidad Técnica de Ambato, Campus Huachi. Av. Los chasquis y Río Payamino
 Edificio Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología / Ambato - Ecuador

(593) 32400987 ext. 5517; 5518 <http://laconal.uta.edu.ec> laconal@uta.edu.ec

Anexo 2. Hoja de cata para el yogur control y yogur con adición de harinas.

**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
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"

HOJA DE EVALUACIÓN SENSORIAL

Nombre: _____ **Fecha:** _____

Instrucciones:

- Se le entregara 3 muestras identificadas con códigos alfa numéricos.
- 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.
- Entre la evaluación de cada muestra por favor limpie su paladar con agua y/o alimento que se le entregue.

| Característica | Escala | Muestras | | |
|----------------------|-------------------------------|-------------|------------|------------|
| | | Código 1997 | Código 854 | Código 201 |
| 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. Promedio del pH y acidez titulable del yogur control y el yogur con 0,9% de harina de camote morado y oca blanca durante los 20 días de almacenamiento.

| | pH | Acidez titulable (%) |
|----------------------|--------------------------|---------------------------|
| Yogur control | 4,20 ± 0,01 ^a | 0,85 ± 0,005 ^b |
| Yogur camote | 4,18 ± 0,01 ^a | 0,88 ± 0,01 ^{ab} |
| Yogur oca | 4,12 ± 0,01 ^a | 0,93 ± 0,01 ^a |

Anexo 4. Obtención de la harina de camote morado (*Ipomoea batatas*).



Anexo 5. Obtención de la harina de oca blanca (*Oxalis tuberosa*).



Anexo 6. *Elaboración del yogur descremado con adición del 0,9% de harinas de cultivos andinos.*



Anexo 7. *Efecto de sinéresis en la muestra de yogur con harina de oca blanca.*



Anexo 8. *Determinación de viscosidad.*

