



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



CARRERA DE ALIMENTOS

Efecto del uso de harinas de cultivos andinos de papa china (*Colocasia esculenta*)
y chocho (*Lupinus mutabilis*) en la producción de yogur entero

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

Este trabajo forma parte del proyecto de investigación interinstitucional Universidad Técnica de Ambato-Universidad Politécnica de Valencia: “Valorización de cultivos 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

AUTOR: Ana Maribel Manotoa Bombón

TUTOR: Diego Manolo Salazar Garcés, Ph.D

Ambato – Ecuador

Septiembre – 2023

APROBACIÓN DEL TUTOR

Diego Manolo Salazar Garcés Ph.D

CERTIFICA:

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

Ambato, 20 de Julio del 2023

Diego Manolo Salazar Garcés Ph.D

C.I: 1803124294

TUTOR

AUDITORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

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



Ana Maribel Manotoa Bombón

C.I: 1805309802

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

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

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



Ana Maribel Manotoa Bombón

C.I: 1805309802

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

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

Para consistencia firman:

Presidente del tribunal

Mg. Manuel Israel Guanoquiza Rivera

C.I. 0502966377

Mg. Manoella Alejandra Sánchez Garnica

C.I. 0604079871

Ambato, 24 de Agosto del 2023

DEDICATORIA

A Dios y a la Virgen de agua Santa, por guiarme en el camino y permitirme culminar mi carrera profesional.

A mis padres, por su cariño, apoyo y sacrificio en todos estos años.

A mis hermanos, especialmente a Freddy por acompañarme, aconsejarme y ser mi inspiración de fortaleza a lo largo de esta etapa.

A Alexander, por ser mi apoyo incondicional en todo este trayecto y no dejarme rendir a pesar de todas las dificultades que se presentaron.

AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento especial a mis padres, María y Abel, quienes con su apoyo, comprensión y enseñanzas me ayudaron a cumplir este gran logro.

Gracias a mi familia y a cada una de las personas que con sus consejos y palabras de aliento aportaron para alcanzar esta meta.

A la Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología que me brindó la oportunidad de forjarme académicamente y profesionalmente. Un agradecimiento sincero a mi tutor PhD. Diego Salazar, principal colaborador durante todo este proceso, quien con su paciencia, persistencia y conocimientos impartidos permitió el desarrollo de este trabajo investigativo.

Al grupo de investigación G+ Biofood and Engineering por haberme brindado la oportunidad de ser parte de sus tesis y depositar su confianza en mí para el desarrollo de este trabajo de titulación.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR	ii
AUDITORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
RESUMEN EJECUTIVO	xiv
ABSTRACT	xv
CAPÍTULO 1	1
MARCO TEÓRICO	1
1.1. Antecedentes investigativos	1
1.1.1. Alimentación Mundial	1
1.1.2. Producción y consumo de yogur	2
1.1.3. Yogur entero.....	2
1.1.4. Cultivos andinos.....	3
1.1.5. Papa china (<i>Colocasia esculenta</i>)	4
1.1.6. Chocho (<i>Lupinus mutabilis</i>).....	6
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. Establecimiento de la concentración óptima de harinas de cultivos andinos para la elaboración de yogur entero	11

2.2.2.	Determinación de las propiedades fisicoquímicas, composición proximal y propiedades reológicas de yogur entero	11
2.2.3.	Obtención y preparación de la leche	11
2.2.4.	Elaboración de yogur entero a base de harinas de papa china y chocho 11	
2.2.5.	Análisis fisicoquímico del yogur entero	12
2.2.6.	Análisis proximal del yogur entero	13
2.2.7.	Determinación de parámetros reológicos.....	16
2.2.8.	Análisis de color.....	17
2.2.9.	Análisis sensorial	17
2.2.10.	Análisis estadístico.....	17
2.2.11.	Hipótesis.....	17
CAPÍTULO 3.....		18
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		18
3.1.	Análisis y discusión de los resultados	18
3.1.1.	Establecimiento de la concentración óptima de harinas de cultivos	18
3.1.2.	Análisis previos	18
3.1.3.	Composición Proximal	19
3.1.4.	Parámetros reológicos	23
3.1.4.1.	Viscosidad	23
3.1.4.2.	Consistencia.....	25
3.1.5.	Análisis fisicoquímico.....	26
3.1.5.1.	Estabilidad de pH, acidez y color	26
3.1.6.	Análisis sensorial	32
3.2.	Verificación de hipótesis	33
CAPÍTULO 4.....		34
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		34

4.1. Conclusiones	34
4.2. Recomendaciones	34
MATERIALES DE REFERENCIA	35
ANEXOS	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición química y alcaloides en las semillas de cuatro especies de chocho (g/100 g MS).....	8
Tabla 2. Comparación de los perfiles de aminoácidos esenciales (+ cistina) de cuatro especies de Lupinus (g/100 g de proteínas)	8
Tabla 3. Capacidad de las harinas para formar yogures estables	18
Tabla 4. Parámetros fisicoquímicos de la leche entera	19
Tabla 5. Composición proximal y contenido calórico del yogur elaborado con harina de chocho y papa china	22
Tabla 6. Ecuación y coeficiente de correlación de la viscosidad en relación con la velocidad de deformación de las muestras de yogur control y yogures con 0,9 % de adición de harinas de papa china y chocho	24
Tabla 7. Consistencia de Bostwick de las muestras de yogur control y yogures con 0,9 % de adición de harinas de papa china y chocho	26

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diferentes partes de la papa china (<i>Colocasia esculenta</i>).....	5
Figura 2. Planta y semilla del chocho (<i>Lupinus mutabilis</i>).....	7
Figura 3. Variación de la viscosidad (mPa·s) con relación a la velocidad de deformación (1/s) de las muestras de yogur control y yogures con 0,9 % de adición de harinas de papa china y chocho.....	23
Figura 4. Evolución del pH en las muestras de yogur. Las letras (a, b, c, d) presentan diferencias significativas de cada muestra en el tiempo ($p \leq 0,05$). Las letras (x, y, z) presentan diferencias significativas entre muestras al mismo tiempo ($p \leq 0,05$). Los resultados son la media \pm desviación estándar.....	27
Figura 5. Evolución de la acidez titulable en las muestras de yogur. Las letras (a, b, c, d) presentan diferencias significativas de cada muestra en el tiempo ($p \leq 0,05$). Las letras (x, y, z) presentan diferencias significativas entre muestras al mismo tiempo ($p \leq 0,05$). Los resultados son la media \pm desviación estándar.	28
Figura 6. Evolución de la luminosidad (L^*) de las muestras de yogur en el tiempo. Las letras (a, b, c, d) presentan diferencias significativas de cada muestra en el tiempo ($p \leq 0,05$). Las letras (x, y, z) presentan diferencias significativas entre muestras al mismo tiempo ($p \leq 0,05$). Los resultados son la media \pm desviación estándar.....	29
Figura 7. Evolución de los rojos/verdes (a^*) en las muestras de yogur en el tiempo. Las letras (a, b, c, d) presentan diferencias significativas de cada muestra en el tiempo ($p \leq 0,05$). Las letras (x, y, z) presentan diferencias significativas entre muestras al mismo tiempo ($p \leq 0,05$). Los resultados son la media \pm desviación estándar.....	30
Figura 8. Evolución de los amarillos/azules (b^*) en las muestras de yogur en el tiempo. Las letras (a, b, c, d) presentan diferencias significativas de cada muestra en el tiempo ($p \leq 0,05$). Las letras (x, y, z) presentan diferencias significativas entre muestras al mismo tiempo ($p \leq 0,05$). Los resultados son la media \pm desviación estándar.....	31
Figura 9. Perfil sensorial de las muestras de yogur control y yogures con 0,9 % de adición de harinas de papa china y chocho.	33

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Obtención de las harinas de cultivos andinos de papa china (<i>Colocasia esculenta</i>) y chocho (<i>Lupinus mutabilis</i>)	48
Anexo 2. Elaboración de yogur con cultivos andinos	48
Anexo 3. Análisis del yogur control (sin adición de harina), yogur con harina de papa china y chocho.....	48
Anexo 4. Hoja de cata.....	49
Anexo 5. Resultados LACONAL	50

RESUMEN EJECUTIVO

El consumo de productos reducidos en azúcar y grasa, enriquecidos con fibra y nutricionalmente mejorados ha ganado popularidad durante los últimos años, en este sentido el uso de materias primas no convencionales ha generado un interés en la población por productos que se perciben menos artificiales y más naturales. En este grupo de interés se encuentran los cultivos andinos como el camote, papa china, chocho, y que debido a la composición nutricional y propiedades que presentan podrían ser una alternativa viable.

En el presente trabajo de investigación se evaluó el efecto del uso de harinas de papa china (*Colocasia esculenta*) y chocho (*Lupinus mutabilis*) en la producción de yogur entero. Con la finalidad de evaluar el comportamiento de las harinas y especialmente la formación del gel característico de las leches fermentadas, así como la presencia de sinéresis y viscosidad, se evaluaron cualitativamente la inclusión de diferentes concentraciones de harinas.

Los resultados mostraron que la inclusión de harina en un porcentaje de 0,9 porciento es la que mejores resultados presenta. Considerando la composición proximal se observó que el yogur de papa china mostraba valores superiores en cuanto al contenido de cenizas, fibra y carbohidratos, mientras que el yogur con chocho presentó altos valores en cuanto al contenido proteico, lipídico y calórico. Por otro parte, la coloración de las bebidas mostró valores bajos de luminosidad, con tendencia a los colores verdes y amarillos. Finalmente, el yogur con harina de papa china es el que mejor aceptabilidad mostró.

Palabras claves: Cultivos Andinos, Harinas no convencionales, Papa china, Chocho, Yogur

ABSTRACT

The consumption of products reduced in sugar and fat, enriched with fiber and nutritionally improved has gained popularity in recent years, in this sense the use of unconventional raw materials has generated an interest in the population for products that are perceived less artificial and more natural. In this group of interest are Andean crops such as sweet potato, Chinese potato, lupine, and that due to the nutritional composition and properties they present could be a viable alternative.

In the present research work, the effect of using Chinese potato (*Colocasia esculenta*) and lupine (*Lupinus mutabilis*) flour on the production of whole yogurt was evaluated. In order to evaluate the behavior of the flours and especially the formation of the characteristic gel of the fermented milks, as well as the presence of syneresis and viscosity, the inclusion of different concentrations of flours was qualitatively evaluated.

The results showed that the inclusion of flour in a percentage of 0.9 percent is the one that presents the best results. Considering the proximal composition, it was observed that the Chinese potato yogurt showed higher values in terms of ash, fiber and carbohydrate content, while the lupine yogurt presented high values in terms of protein, lipid and caloric content. On the other hand, the coloring of the drinks showed low luminosity values, with a tendency to green and yellow colors. Finally, the yogurt with Chinese potato flour is the one that showed the best acceptability.

Key words: Andean crops, Unconventional flours, Chinese potato, Chocho, Yogurt

CAPÍTULO 1

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes investigativos

1.1.1. Alimentación Mundial

El yogur es un producto lácteo fermentado semisólido, resultado de la fermentación de la leche por acción de bacterias ácido lácticas (BAL), generalmente *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*, el yogur es considerado como una fuente de varios nutrientes esenciales, que incluyen proteínas, calcio, potasio, fósforo y vitaminas B₂ y B₁₂, y sirve como vehículo para la fortificación alimentaria (Fisberg & Machado, 2017). La mayor parte de la producción industrializada de yogur emplea leche de vaca con diversos contenidos de grasa, algunos productores pueden agregar ingredientes como leche descremada, leche en polvo sin grasa, proteínas de suero, lactosa, glucosa, sacarosa, aspartamo y sucralosa; así como, frutas, colorantes y saborizantes naturales y artificiales (Tremblay & Panahi, 2017).

En América Latina, la importación de los productos lácteos es elevada, particularmente en países como Uruguay y Argentina que ofrece al consumidor una amplia variedad de leches y sus derivados (Donazar-Ezcurra et al., 2019). Estos mercados regionales de distribución compiten con el mercado europeo, asiático y norteamericano, los cuales se han posicionado como los mayores distribuidores y productores de este derivado de la leche (Statista, 2023; USDA, 2023).

El mercado global del yogur está impulsado principalmente por los beneficios a la salud asociados a su consumo, este crecimiento se ve respaldado por el desarrollo del mercado minorista en varias regiones y el menor contenido de lactosa en estos productos permite su consumo en personas intolerantes o alérgicas. Además, su crecimiento mundial va de la mano con la concientización respecto a los beneficios de su consumo por parte de empresas como Yakult, Danone, Nestlé y Chobani, los cuales han logrado un aumento en la demanda de este producto en países en desarrollo; es importante mencionar, que el mercado se ha fragmentado en base al tipo, sabor, fuente, canal de distribución y región donde es consumido (Anil & Roshan, 2023).

1.1.2. Producción y consumo de yogur

Los productos lácteos representan uno de los segmentos de mercado más grandes entre los alimentos, esta característica principalmente atribuida a que pueden aportar importantes elementos nutricionales como probióticos, prebióticos, proteínas, riboflavina, vitaminas B₆ y B₁₂, calcio, potasio, zinc y magnesio (Peng et al., 2020). En Ecuador, para la elaboración de diversos productos lácteos, la industria destina 5,5 millones de litros de leche cruda al día (CIL, 2023), empresas como Alpina destinan mensualmente cuatro millones de litros de leche tanto para la fabricación de yogures en sus distintas variedades como para la elaboración de quesos, mostrando así el crecimiento en la producción de estos alimentos en el país (Armijos, 2023).

Por otro lado, la ingesta de yogur está asociada a los beneficios cardiometabólicos, efectos de mejora sobre la obesidad, la diabetes y biomarcadores de enfermedades crónicas, incluido el estrés oxidativo y la inflamación (Rifkin et al., 2020). Estos beneficios se encuentran asociados a las variedades más saludables del producto, con bajo contenido de azúcar y menos aditivos; a esto se suma, el creciente interés en la salud intestinal y la alimentación saludable (Saraiva et al., 2020). Por tal motivo, el consumo de yogur se considera un signo de dieta equilibrada, que en los consumidores ayuda a mejorar su perfil metabólico (Babio et al., 2017).

1.1.3. Yogur entero

Los diversos yogures que se encuentran en el mercado varían en textura, sabor y forma (Panahi et al., 2017). Asimismo, cada tipo de yogur requiere un método de procesamiento diferente y como resultante, difiere en su contenido nutricional obteniéndose yogur alto o bajo en grasa, endulzado, natural, fortificado, etc. (Rashwan et al., 2023). De esta gran variedad destaca el yogur entero, el cual se elabora con toda la grasa de la leche (Mikloskova et al., 2021). Un yogur entero disminuye la necesidad de azúcares añadidos para aumentar la palatabilidad, puesto que la grasa proporciona sabor e incrementa la sensación de saciedad. Por lo tanto, el consumo moderado contribuye a un patrón dietético saludable (Panahi et al., 2017).

El yogur aporta nutrientes como los glúcidos, entre los que destacan la lactosa, glucosa, galactosa y glucolípidos; proteínas de caseína y de lactosuero, especialmente α -lactoalbúmina, β -lactoglobulina, proteasas-peptonas, albúmina sérica, etc. Además,

posee ácidos grasos y varios minerales como calcio, sodio, fósforo, magnesio, zinc, yodo, potasio, vitamina A, D, complejo B y un mínimo valor de vitamina K y E (Babio et al., 2017).

Debido a los recientes enfoques en mejorar la salud del consumidor se ha impulsado el uso de nuevas materias primas y tecnologías de procesamiento en el sector industrial, entre estas destacan las harinas de cultivos andinos para la formulación del yogur con características nutricionales diferenciadas, gracias al aporte de componentes como la fibra, proteína y compuestos antioxidantes que son capaces de aportar las harinas de cultivos a los productos que con ellos se desarrolle (Ogusku et al., 2021).

1.1.4. Cultivos andinos

Las regiones andinas del Ecuador poseen una alta diversidad de cultivos como rizomas: achira (*Canna indica*); tubérculos: oca (*Oxalis tuberosa*); cormo: papa china (*Colocasia esculenta*); legumbre de grano: tarwi (*Lupinus mutabilis*) (Salazar et al., 2021). Estos cultivos contribuyen a la seguridad alimentaria por su alto aporte nutricional, principalmente proteína, grasa y componentes bioactivos (Cornejo et al., 2022). Sin embargo, la explotación de cultivos extensivos por parte de grandes compañías, donde es económicamente más rentable producir y comercializar algunas especies vegetales como la papa, el arroz, la soja o el maíz, ha llevado a la subutilización de los cultivos andinos, hoy en día se destinan al consumo interno en determinadas regiones (Salazar et al., 2021).

Los cultivos andinos son considerados infra o subutilizados debido al desaprovechamiento de sus características nutricionales y funcionales, estos cultivos se adaptan al entorno local y se consideran como futuros alimentos inteligentes, ya que poseen resistencia a condiciones adversas, como escasez de agua, salinidad del suelo, baja fertilización y resistencia a heladas (Tadele, 2019). Este hecho hace que los cultivos andinos sean económicamente viables, estén disponibles y sean adaptables a cualquier tipo de clima, de modo que ayuden a combatir la desnutrición crónica (Aditika et al., 2022).

Los cultivos de raíces y tubérculos se encuentran distribuidos en regiones subtropicales y tropicales, y son una parte importante de la nutrición humana desde los primeros días

de la humanidad, proporcionando una fuente diversa de carbohidratos, proteínas, minerales, vitaminas esenciales (vitamina A, vitamina C, vitamina E), fibras dietéticas y almidón (Zierer et al., 2021). Sin embargo, estos cultivos son poco investigados ya que se encuentran rezagados en términos de diversidad genética, aplicaciones biotecnológicas y evaluaciones científicas limitadas de adaptabilidad (Chemura et al., 2022).

1.1.5. Papa china (*Colocasia esculenta*)

La papa china o taro (*Colocasia esculenta*) es un cultivo de raíz tropical, se ubica como el quinto cultivo de raíces más importantes debido a sus propiedades ornamentales, de formulación alimenticia y medicinales (Zubair et al., 2023). Se cultiva usualmente por sus cormos que tienen una piel exterior marrón y carne blanca. No obstante, las hojas y las flores también se consumen como vegetales (Miyasaka et al., 2019). Estos cultivares son poco conocidos y poseen un potencial notable para la adaptación al cambio climático, puede prosperar en pantanos sumergidos o inundados, así como en áreas secas o con mucha lluvia (Lebot & Ivančič, 2022).

La papa china es originaria del Sudeste Asiático y se ha extendido por todo el mundo, principalmente en Asia, África, el Pacífico y el Caribe, alcanzando una producción de 10,54 millones de toneladas en el 2019 (Lebot & Ivančič, 2022). Este cultivo se introdujo en el Ecuador y se adaptó perfectamente a la región amazónica, mostrando una producción anual de 17 toneladas métricas. Este producto se exporta principalmente a Estados Unidos y Puerto Rico (Valverde et al., 2023). Respecto a su clasificación taxonómica, la papa china pertenece al reino: Plantae; división: Magnoliophyta; clase: Liliopsida; subclase: Arecidae; orden: Alismatales; la familia: Araceae; género: *Colocasia schott* y especie: *Colocasia esculenta* (Sudhakar et al., 2020). Las dos especies más cultivadas de papa china (*Colocasia esculenta* y *Xanthosoma sagittifolium*) corresponden a la familia Araceae (Otekunrin et al., 2021). La papa china es una planta herbácea de 1 a 2 m de altura, consta de un cormo central del que surgen cormos laterales, raíces y brotes; además, la inflorescencia femenina es corta y posee de 3-4 ginosas, mientras que la masculina es larga, cilíndrica y tiene 3-6 endrosas (Figura 1) (Mikami & Tsutsui, 2019).



Figura 1. Diferentes partes de la papa china (*Colocasia esculenta*)

Fuente: (Sudhakar et al., 2020)

En cuanto al valor nutricional, la papa china es fuente principal de minerales (calcio, potasio, cobre, manganeso, fósforo, hierro), vitaminas (B₆ y C) y un alto contenido de fibra dietética (Romero et al., 2019). Este cultivo contiene el doble de hidratos de carbono que las patatas y aporta 135 kcal por 100 g; contiene alrededor del 11 % de proteína en peso seco y entre un 85 a 87 % de almidón (Otekunrin et al., 2021). Por lo tanto, la papa china es una fuente importante de hidratos de carbono que sirve como una fuente de energía dietética más económica. Además, la presencia de compuestos bioactivos (flavonoides, esteroides y β -sitosterol) contribuyen a una buena salud, previniendo enfermedades como el cáncer, la diabetes, enfermedades hepáticas y fúngicas (Sharma et al., 2020).

En cuanto a los factores antinutricionales, se encuentran los oxalatos, responsables de la acidez en los cormos, disminuyendo de esa forma la palatabilidad de la papa china. También se evidencia la presencia de fitatos y curtientes. Estos son los principales factores limitantes en el uso de la papa china, dado que le confiere un sabor picante y causa irritación cuando se consumen crudos o sin procesar; para ello, la cocción y diversas técnicas de procesamiento pueden reducir significativamente el porcentaje de antinutrientes en el alimento, lo que da como resultado un alimento apropiado para el consumo (Lebot & Ivančič, 2022; Otekunrin et al., 2021).

El consumo de papa china puede beneficiar a las personas con restricciones dietéticas, como las que presentan alergias, especialmente en niños y personas con intolerancia al gluten, ayudando a reducir el riesgo de obesidad y diabetes (Otekunrin et al., 2021).

La papa china se puede servir frito, preparado en sopa o en puré. También, se comercializa en una variedad de productos como harinas, chips, bebidas, entre otros (Sharma et al., 2020). Particularmente la harina de papa china se ha convertido en un prometedor sustituto de la harina de trigo y se puede utilizar como ingrediente para la elaboración de pan, pasteles, fideos y cereales según Ribeiro et al. (2021). Debido al contenido de mucílagos y gránulos de almidón es un ingrediente altamente digerible, es por ello que se puede utilizar en productos alimenticios como agente espesante, emulsionante o espumante (Tosif et al., 2022).

En los últimos años, la industria alimentaria convierte a los hidrocoloides de origen vegetal en aditivos alimentarios atractivos por su acción viscosificante, estabilizante o gelificante (Medina-López et al., 2022). Por lo tanto, los hidrocoloides de la papa china son polisacáridos comestibles, que destacan por sus propiedades funcionales y su capacidad de retención de agua. Esto se debe a que contiene fracciones ricas en fibra que pueden formar enlaces con moléculas de agua. Por ende, los hidrocoloides de papa china pueden imitar las propiedades de las grasas aumentando la viscosidad del sistema y promoviendo la retención de humedad en productos alimenticios bajos en grasa. Esto tiene un impacto positivo en los aspectos reológicos de productos horneados, carnes y productos lácteos (Obadi & Xu, 2021; Tosif et al., 2022).

En la producción de yogur, el almidón de papa china se utiliza como estabilizante de las características fisicoquímicas y microbiológicas de este producto (Krisnaningsih, 2018). Se menciona que su adición como estabilizador se debe a su solubilidad en agua, viscosidad estable y su capacidad para formar geles en productos fermentados; no obstante, las investigaciones sobre su uso aún son limitadas (Krisnaningsih & Radiati, 2019).

1.1.6. Chocho (*Lupinus mutabilis*)

El chocho andino (*Lupinus mutabilis*) es una leguminosa utilizada tanto para el consumo humano como animal. El chocho (*Lupinus mutabilis*), también conocido como tarwi, tauri, perla o chocho andino, es una leguminosa poco explotada (Curti, 2022). Se caracteriza por su alto valor nutritivo, capacidad de fijar nitrógeno atmosférico en el suelo y adaptación a diversas condiciones climáticas (Falconí & Yáñez, 2022). Esta especie destaca por poseer una mayor calidad de grano de todos

los altramuces cultivados y está adaptado a climas templados o fríos. Por ende, podría contribuir al desarrollo de industrias de biomasa sostenibles y competitivas al aumentar el suministro de biomasa de tierras marginales (Gulisano et al., 2022).

Los chochos o altramuces se dividen en dos grupos principales según el origen geográfico: en el Nuevo Mundo se encuentran alrededor de 100 especies en el oeste de América del Norte y alrededor de 85 especies en la región andina, mientras que las tres especies del Viejo Mundo tienen origen en la región mediterránea (Bebeli et al., 2020). Entre ellas, solo cuatro especies tienen importancia agrícola, tales como: *Lupinus angustifolius*, *Lupinus luteus*, *Lupinus albus* y *Lupinus mutabilis* (Ruiz-López et al., 2019). Las distintas especies fueron domesticadas a lo largo de la historia, *Lupinus mutabilis* en las regiones andinas entre 700 y 600 a. C. Actualmente se cultiva en Ecuador, Perú y Bolivia (Lemus et al., 2023). En relación con su clasificación taxonómica, el chocho andino pertenece a la familia Fabaceae, subfamilia Faboideae, género *Lupinus* y a la especie *Lupinus mutabilis*. Además, posee un tejido esponjoso con abundante ramificación, alcanzando una altura entre 50 y 280 cm. El grano se encuentra dentro de una vaina alargada de 5 a 12 cm (Figura 2) (Falconí & Yáñez, 2022).



Figura 2. Planta y semilla del chocho (*Lupinus mutabilis*)

Fuente: (Falconí, 2012)

Debido a sus excepcionales propiedades, posee proteínas (35-50 %), ácidos grasos esenciales como el ácido oleico y linoleico (18 %), así como fibra dietética insoluble (30-40 %). También contiene compuestos bioactivos (polifenoles y flavonoides), lo

que es beneficioso para reducir el riesgo de obesidad, diabetes y enfermedades cardiovasculares (Albuja-Vaca et al., 2020). Las diferentes variedades de chocho presentan una composición química similar; no obstante, predomina la variedad *Lupinus mutabilis* por su elevado contenido de materia seca, grasa cruda y de alcaloides como se observa en la Tabla 1 (Ruiz-López et al., 2019).

Tabla 1. Composición química y alcaloides en las semillas de cuatro especies de chocho (g/100 g MS)

Componente	<i>L. albus</i>	<i>L. angustifolius</i>	<i>L. luteus</i>	<i>L. mutabilis</i>
Materia seca	90,4	90,6	91,7	62,0
Proteínas	36,3	33,0	46,5	44,7
Cenizas	3,9	3,7	3,7	3,0
Grasa cruda	11,5	6,8	4,6	14,07
Fibra cruda	14,4	14,0	13,9	7,04
Alcaloides	0,04	0,06	0,1	1,27

Fuente: (Ruiz-López et al., 2019)

Además, dado que las semillas de *Lupinus mutabilis* carecen de almidón, los oligosacáridos predominantes son la estaquiosa y rafinosa junto con los polisacáridos de la pared celular, no obstante, sus semillas destacan por presentar aminoácidos esenciales, en donde sobresale la lisina. Sin embargo, *Lupinus mutabilis* y otras especies poseen otros aminoácidos como se observa en la Tabla 2 (Gulisano et al., 2019).

Tabla 2. Comparación de los perfiles de aminoácidos esenciales (+ cistina) de cuatro especies de *Lupinus* (g/100 g de proteínas)

Aminoácidos esenciales	<i>L. mutabilis</i>	<i>L. angustifolius</i>	<i>L. albus</i>	<i>L. luteus</i>
Histidina	3,5	2,6	2	3,1
Isoleucina	4,2	4	4,1	3,6
Leucina	7	6,9	6,8	7,8
Lisina	5,8	4,6	4,5	4,5
Metionina	0,8	0,7	0,7	0,6
Fenilalanina	3,5	3,7	3,4	3,7
Treonina	3,5	3,4	3,4	3

Aminoácidos esenciales	<i>L. mutabilis</i>	<i>L. angustifolius</i>	<i>L. albus</i>	<i>L. luteus</i>
Triptófano	0,8	0,9	0,9	0,9
Valina	3,8	3,7	3,8	3,4
Cisteína	1,6	1,6	1,5	2,4

Fuente: (Carvajal-Larenas et al., 2016)

Se ha reportado que el chocho tiene un alto contenido de alcaloides tóxicos y amargos (Romero-Espinoza et al., 2020), los cuales han limitado la expansión de este cultivo junto a los bajos rendimientos que presenta (800 a 1300 kg/ha) (Gulisano et al., 2019), por lo que previo a su consumo se debe aplicar un proceso de desamargado; el cual implica hervir y luego remojar las semillas en agua corriente durante varios días, sin embargo, el desamargado inactiva muchas enzimas y elimina varios compuestos solubles en agua, como algunos minerales y oligosacáridos, modificando así la composición original y el valor nutricional del chocho (Córdova-Ramos et al., 2020; Villacrés et al., 2020).

Es importante mencionar que las semillas amargas de *Lupinus mutabilis* contienen bajas cantidades de carotenoides y altas concentraciones de tocoferoles (principalmente γ -tocoferol) y fenoles (en promedio un 94,4 % del total de fenoles). Durante el desamargado el contenido de tocoferoles tiende a aumentar, mientras que el contenido de fenoles disminuye. Cabe destacar que la obtención de harinas desamargadas, extruidas y atomizadas poseen un alto contenido de compuestos antioxidantes libres (Brandolini et al., 2022). Por otro lado, las harinas obtenidas y los concentrados proteicos pueden ser empleados para enriquecer las pastas, los aperitivos, el pan, entre otros (Curti, 2022). Considerando que el chocho desamargado es una legumbre barata, ecológica, tiene un buen sabor, alto contenido de proteínas y grasas se puede utilizar para la fabricación de productos procesados y frescos como snacks, pan, hamburguesas, ensaladas, embutidos, etc. (Carvajal-Larenas, 2019).

Respecto a productos lácteos se ha observado el empleo del chocho para la obtención de sustitutos de la leche, en la cual las semillas desamargadas y troceadas son mezcladas con agua para obtener *leche de chocho*, a la cual posteriormente se le añade azúcar, aromas, estabilizantes, proteínas aisladas del chocho y grasas vegetales, esto con el fin de mejorar sus atributos sensoriales y conseguir una composición similar a

la de la leche de vaca entera o desnatada. Además, para obtener productos similares al yogur, esta leche se mezcla con leche de vaca y se inocula el cultivo fermentador, logrando obtener un producto con una composición química similar al del yogur tradicional (Carvajal-Larenas, 2019).

El uso de harina de chocho en la producción de yogur es poco reportado; únicamente se ha reportado la aplicación de la proteína hidrolizada del chocho, un extracto acuoso del chocho (Mendieta, 2020), y su empleo para enriquecer bebidas tipo yogur en el cual actúa como fuente de calcio y fibra (Vera, 2022). Sin embargo, su empleo como enriquecedor ha mostrado que la adición de esta harina influye en la aceptabilidad del producto final (Quispe et al., 2021).

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

- Evaluar el efecto del uso de harinas de cultivos andinos de papa china (*Colocasia sculenta*) y chocho (*Lupinus mutabilis*) en la producción de yogur entero.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Establecer la concentración óptima de harinas de cultivos andinos para la elaboración de yogur entero.
- Determinar las propiedades fisicoquímicas, composición proximal, y propiedades reológicas del yogur.
- Evaluar la calidad sensorial de yogur entero.

CAPÍTULO 2

METODOLOGÍA

2.1. Materiales

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

2.2. Métodos

2.2.1. Establecimiento de la concentración óptima de harinas de cultivos andinos para la elaboración de yogur entero

Para establecer la concentración óptima de las harinas de papa china (*Colocasia esculenta*) y chocho (*Lupinus mutabilis*), que defina una formulación aceptable se empleó la metodología descrita por Salazar et al. (2021) y Sánchez (2018), en las que añadieron distintas concentraciones de harinas (0,3 %, 0,6 %, 0,9 %) para evaluar cualitativamente la formación del gel característico de las leches fermentadas, sinéresis y viscosidad. Tras obtener las muestras de yogur con la adición de harinas se analizaron de manera arbitraria y visual parámetros como la formación de gel, sinéresis y viscosidad. Los resultados se expresaron de manera arbitraria como baja (-), moderada (+) o buena (++)

2.2.2. Determinación de las propiedades fisicoquímicas, composición proximal y propiedades reológicas de yogur entero

2.2.3. Obtención y preparación de la leche

La leche cruda que se utilizó en la investigación fue recolectada en el cantón Píllaro de la Provincia de Tungurahua. Se realizó un análisis fisicoquímico comprobando los requisitos establecidos en la normativa NTE INEN 9 (2012).

2.2.4. Elaboración de yogur entero a base de harinas de papa china y chocho

La elaboración del yogur entero se realizó según el procedimiento propuesto por Paz-Díaz et al. (2021). En la leche cruda se agregó las diferentes concentraciones de harina de papa china (*Colocasia esculenta*) y chocho (*Lupinus mutabilis*) según corresponda, la mezcla obtenida se pasteurizó a 85 °C durante 5 minutos logrando eliminar la

presencia de microorganismos, luego, se enfrió a 40 °C y se agregó el cultivo liofilizado (DANISCO) en relación al volumen de leche utilizada. Seguidamente, se incubó a una temperatura de 40 °C durante 5-6 horas hasta la formación del coágulo, alcanzado un pH de 4,6-5 y acidez de 60 a 70 °Dornic aproximadamente. Posterior a ello, se enfrió durante un tiempo de 24 horas para detener la fermentación y evitar una mayor acidificación. Consecutivamente, se efectuó un batido por 1 minuto con el propósito de romper el coágulo formado y obtener la consistencia del yogur. Finalmente, el producto se envasó y se almacenó a 4 °C hasta los análisis respectivos.

2.2.5. Análisis fisicoquímico del yogur entero

pH

Se utilizó un potenciómetro digital previamente calibrado, luego, se colocó el electrodo en el vaso de precipitación con la muestra y por último se registró los valores del pH obtenidos mediante lectura directa. Las mediciones se realizaron por triplicado.

Acidez titulable

Para determinar la acidez titulable de la leche se manejó el procedimiento establecido en la Norma NTE INEN 13 (2012), se tomó 10 ml de la muestra de yogur en un matraz Erlenmeyer, se tituló con NaOH 0,1N y tres gotas de fenolftaleína hasta que cambie ligeramente a un color rosa pálido y sea persistente por 30 segundos. Finalmente, se visualizó en la bureta el volumen de NaOH utilizado y se reemplazó los valores en la siguiente ecuación para obtener el porcentaje de ácido láctico. Las mediciones se realizaron por triplicado.

$$Acidez\ titulable = 0,090 \frac{V * N}{m_1 - m} * 100 \quad (1)$$

Donde:

A: Acidez titulable de la leche (% A. 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)

Actividad de agua

Para encontrar la actividad de agua en las muestras de yogur se utilizó un medidor de actividad de agua (AquaLab-4TE-USA), las muestras se colocaron hasta la medida indicada en la cápsula y se procedió a realizar el análisis (Sansomchai et al., 2023). Las mediciones se realizaron por triplicado.

2.2.6. Análisis proximal del yogur entero

Humedad

El contenido de humedad se determinó de acuerdo al procedimiento establecido en la normativa AOAC 925.10 (2000), fundamentado en cuanto peso perdió la muestra durante su calentamiento. Para ello, se pesaron 3 g de muestra en cápsulas de porcelana previamente pesadas y taradas, consecutivamente, se colocó las cápsulas en una estufa a 120 °C durante 24 horas. Luego, se retiraron y se ubicaron en un desecador por 40 minutos. Finalmente, se pesó las cápsulas con la muestra seca. Las mediciones se realizaron por triplicado y se reemplazó los datos en la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{m_1 - m_2}{m} * 100 \quad (2)$$

Donde:

m₁: masa de la cápsula más la muestra sin secar (g)

m₂: masa de la cápsula más la muestra seca (g)

m: masa de la muestra (g)

Cenizas

El contenido de cenizas se determinó según la norma AOAC 945.46 (2016), se calentaron los crisoles vacíos en una estufa a 103 ± 2 °C durante 30 minutos, se enfrió en un desecador y se registró su masa. Consecutivamente, se pesaron 3 g de muestra

en los crisoles previamente tarados, seguidamente, se colocaron los crisoles en la mufla a 550 °C durante 1 hora y media hasta obtener la ceniza de color gris claro. Posteriormente, se ubicaron los crisoles en un desecador para que se enfrié hasta que alcance la temperatura ambiente y se pesaron. Las mediciones se realizaron por triplicado. Para obtener los resultados se aplicó la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Ceniza} = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} * 100 \quad (3)$$

Donde:

m₁: masa del crisol vacío (g)

m₂: masa del crisol más muestra (g)

m₃: masa del crisol más las cenizas (g)

Grasa

El contenido de grasa se determinó bajo la norma NTE INEN 488 (2014), se utilizó un butirómetro de Gerber, al cual se añadió 10 ml de ácido sulfúrico (H₂SO₄) con una pureza del 90,4 %, 11 ml de la muestra de yogur y 1 ml de alcohol amílico, seguidamente, se tapó y agitó lentamente de dos a tres veces para eliminar la presencia de partículas en la muestra. Por último, se colocó el butirómetro en la centrífuga durante 5 minutos y se registraron los valores de la grasa mediante lectura directa. Las mediciones se realizaron por triplicado.

Fibra dietética total

La fibra dietética se determinó mediante el método enzimático-gravimétrico establecido en la normativa AOAC 985.29 (2003). Para ello, se pesó 1 g de cada muestra, se adicionó 500 ml de solución buffer para equilibrar el pH, después, se añadió la primera enzima de digestión, 50 µl de la enzima α-amilasa y se colocó en un baño termostático a 93 °C durante 30 minutos. Por consiguiente, se dejó enfriar y se añadió NaOH hasta alcanzar un pH de 7,5±2. Inmediatamente, se adiciona 100 µl de la enzima proteasa y se incubó a 60 °C por 30 minutos para que actúe la enzima. Transcurrido el tiempo se añadió ácido clorhídrico para acidificar el medio, después,

se comprobó que el pH se encuentre en el rango de 4-4,6 y se añadió 200 µl de la enzima Amiloglucosidasa, y se realizó el mismo procedimiento anterior. Consecutivamente, se agregó 150 ml de alcohol y se dejó que los sólidos precipiten. Por otro lado, se pesó 0,5 g de celite y se calcinó la muestra por 1 hora. Transcurrido este tiempo se enfrió y se filtró, obteniendo en el vaso, el celite más la muestra, esto se colocó a 105 °C en una estufa al vacío durante 6 horas. Luego, se llevó las muestras al equipo de fibra para que se filtren. Posteriormente, se lavó 2 veces el residuo con 10 ml de alcohol al 95 %, se dejó secar y se registró el peso.

Proteína

El porcentaje de proteína en las muestras de yogur entero se determinó con el método Kjeldahl señalado en la normativa AOAC 2001.11 (2005). Para ello, se pesó 1 g de la muestra y se colocó en un tubo Kjeldahl, se agregó una tableta que contiene sulfato de cobre y sulfato de potasio, y se agregó 15 ml de ácido sulfúrico a una concentración de 95-97 %. Consecutivamente, se colocó en el digestor y se diluyó con 70 ml de agua destilada. Después, se realizó la destilación y se ejecutó la etapa de titulación, en donde se utilizó ácido clorhídrico 0,1 N. Finalmente, se calculó el contenido de nitrógeno y después el porcentaje de proteína a través de las siguientes ecuaciones:

$$\% W_N = \frac{(V_s - V_b)(M_r) * 1,401}{m * 10} \quad (4)$$

$$W_P = \% W_N * \text{factor de la proteína (6,25)} \quad (5)$$

Donde:

W_N: nitrógeno en porcentaje en masa

V_s: volumen de la titulación

V_b: volumen del blanco

M_r: normalidad del ácido clorhídrico

m: peso de la muestra (g)

Carbohidratos totales

El contenido de carbohidratos en las muestras de yogur entero se obtuvo por diferencia, restando del 100 % del alimento la cantidad de grasa, ceniza, humedad, proteína y fibra de acuerdo a lo establecido en la normativa AOAC 101.92 (2005).

$$\% C = 100 - (\% \textit{proteína} + \% \textit{cenizas} + \% \textit{fibra} + \% \textit{humedad} + \% \textit{grasa}) \quad (6)$$

Valor energético

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

$$\textit{Energía} = (\textit{carbohidratos} * 4) + (\textit{proteína} * 4) + (\textit{grasa} * 9) + (\textit{fibra} * 2) \quad (7)$$

2.2.7. Determinación de parámetros reológicos

Viscosidad

Para la determinación de la viscosidad se utilizó un viscosímetro (Quimis-Q860M21-Brasil), se colocó 250 ml de la muestra de yogur y se introdujo el husillo (rotor #2) hasta que llegue a la marca indicada. En la pantalla del equipo se colocó el número de rotor y revoluciones, se procedió a realizar las lecturas de viscosidad de cada muestra, las medidas se consideran válidas si el porcentaje del torque se encuentra en un rango de 30-70 % (Silva, 2019).

Consistencia

La consistencia de las muestras se determinó mediante un consistómetro de Bostwick, el cual se colocó en una superficie plana y firme, posterior a ello, se reguló mediante el ajuste de los tornillos niveladores hasta que la burbuja del nivel se sitúe en el centro de la circunferencia. Una vez nivelado el equipo, se cerró la puerta y se enganchó el descargo, se agregó la cantidad suficiente de muestra en el depósito. Después, se presionó el gatillo para abrir la puerta y se estableció la distancia que recorrió el fluido durante 30 segundos (Côté et al., 2019).

2.2.8. Análisis de color

El color de las muestras de yogur entero se determinó mediante un colorímetro (Lovibond-LC100-USA). Las muestras se colocaron en cajas petri y se tomaron varias mediciones para obtener datos de L*(luminosidad), a*(rojo/verde) y b*(amarillo/azul) (Navarro et al., 2018).

2.2.9. Análisis sensorial

Los parámetros sensoriales de las muestras de yogur entero fueron evaluadas mediante un grupo de 30 catadores, los cuales, apreciaron los atributos de color, olor, sabor, textura y aceptabilidad en base a una prueba de aceptación, para lo cual se utilizó una escala hedónica de 5 puntos, donde 5 corresponde a me gusta mucho y 1 a me disgusta, los catadores recibieron galletas de sal y agua entre muestra y muestra con la finalidad de limpiar los sabores residuales (Mendoza & Leyva, 2023).

2.2.10. Análisis estadístico

Para estudiar el efecto de la adición de harina de papa china (*Colocasia esculenta*) y chocho (*Lupinus mutabilis*) en la producción de yogur, se utilizó un diseño completamente aleatorizado con la finalidad de analizar el efecto sobre las propiedades fisicoquímicas, sensoriales y reológicas del yogur entero. En el análisis estadístico se utilizó el Software Infostat, en el que se realizó un análisis de varianza Anova, mientras que la comparación se ejecutó mediante la prueba Tukey al 95 % de confianza.

2.2.11. Hipótesis

Hipótesis nula (H₀)

La adición de harinas de papa china (*Colocasia esculenta*) y chocho (*Lupinus mutabilis*) no afectan las propiedades fisicoquímicas, reológicas, y sensoriales del yogur entero.

Hipótesis alternativa (H_a)

La adición de harinas de papa china (*Colocasia esculenta*) y chocho (*Lupinus mutabilis*) afectan las propiedades fisicoquímicas, reológicas, y sensoriales del yogur entero.

CAPÍTULO 3

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis y discusión de los resultados

3.1.1. Establecimiento de la concentración óptima de harinas de cultivos

Las harinas de cultivos andinos poseen diferentes comportamientos cuando son empleados en la elaboración de yogur, es por ello que se realizaron estudios con el fin de evaluar la capacidad de formar el gel característico de las leches fermentadas y establecer la concentración óptima de harina, se añadieron tres diferentes cantidades de las harinas (0,3 %, 0,6 % y 0,9 %). En la Tabla 3 se muestran los resultados de la valoración cualitativa en torno a la formación de gel, sinéresis y viscosidad. Los yogures se clasificaron de manera arbitraria como baja (-), moderada (+) o buena (++).

Tras realizar el análisis cualitativo se observó que las harinas de papa china y chocho al ser añadidas al yogur con un porcentaje de 0,9 % forman geles característicos de las leches fermentadas, con baja sinéresis y con buena viscosidad. Esta capacidad de actuar como estabilizante ya se había observado antes en la harina de papa china, la cual al ser usada en la producción de yogur mostró una viscosidad estable y una buena capacidad para formar geles (Krisnaningsih & Radiati, 2019).

Tabla 3. Capacidad de las harinas para formar yogures estables

Concentración de harina adicionada		Formación del gel	Sinéresis	Viscosidad
Papa china	0,3 %	-	-	-
Papa china	0,6 %	+	-	+
Papa china	0,9 %	++	-	++
Chocho	0,3 %	-	-	-
Chocho	0,6 %	+	-	+
Chocho	0,9 %	++	-	++

3.1.2. Análisis previos

La leche utilizada en la presente investigación cumple con los requisitos fisicoquímicos de acuerdo con la norma NTE INEN 9 (2012), como se observa en la

Tabla 4. Posteriormente, se preparó los yogures con las harinas de cultivos andinos. Es importante mencionar que para la elaboración del yogur se utilizó la concentración de harina de 0,9 % y se mantuvieron constantes la adición del inóculo, la temperatura de pasteurización de la leche y la de incubación del yogur.

Tabla 4. Parámetros fisicoquímicos de la leche entera

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

3.1.3. Composición Proximal

En la Tabla 5 se observan los resultados de la composición proximal de los yogures elaborados con harina de papa china y chocho. Entre los diferentes yogures se observan diferencias significativas para los distintos parámetros ($p \leq 0,05$). Los valores de humedad, proteína, grasas y cenizas se encuentran asociados a la composición proximal de la leche usada en la elaboración del yogur, es así como, para leche entera se obtuvieron valores de 88 % en humedad, 3,29 % en contenido proteico, 3,6 % contenido lipídico y 0,76 % en cenizas, estos valores similares a los reportados en el presente estudio para el yogur sin ninguna adición de harinas de cultivos andinos (Chukwu & Onuh, 2020).

Es importante mencionar que los yogures deben tener una humedad inferior a 84 % con el fin de que no se vea afectada la textura y el sabor de este, además, se debe considerar el contenido proteico, el cual debe encontrarse en un rango de 1,29 al 3,52 %. Por otro lado, el contenido lipídico con un 3,25 % mejora la textura, color y sabor del producto, en cuanto al contenido en fibra en un rango de 0,21 al 0,51 % mejora la textura y estructura al yogur dado que reduce la retención de grasas y el contenido calórico ya que actúa como agente de carga (Matela et al., 2019).

Los resultados obtenidos en yogures elaborados con harinas varían según su influencia, en el caso de la humedad se observa como los yogures con harina de papa china y chocho poseen un porcentaje de 85,60 % y 85,84 % respectivamente, y estos valores son menores en comparación con el yogur control sin la adición de harina (88,21 %).

Una perspectiva similar se observa con yogures enriquecidos con harina de lupino, los cuales poseen una humedad de 78,3 %, la cual es menor a la humedad de yogures comerciales (83 %) y naturales (83,2 %) (Vieira et al., 2022). La disminución en el porcentaje de humedad podría deberse al incremento en el contenido de sólidos totales tras agregar las harinas, las cuales favorecen la retención de agua en el yogur, y esto asociado a la propia formulación del yogur dado que poseen un porcentaje de adición del 0,9 %, este mismo resultado se observa en yogures enriquecidos con ácidos grasos y omega 3 según lo reportado por Reyes et al. (2015) en yogur enriquecido con microcápsulas que contienen ácidos grasos omega.

Respecto al contenido de proteína, grasa, fibra y cenizas, los valores reportados en este estudio fueron mayores en los yogures con adición de harinas que el yogur control, esto podría atribuirse a la composición propia de las harinas. Resultados similares se encontraron en el yogur enriquecido con harina de linaza, el cual presenta un 3,97 % de proteínas, 3,25 % de grasa, 0,31 de fibra y 0,88 % de cenizas (Garmus et al., 2016). De la misma forma, en el yogur fortificado con harina de garbanzo muestra un contenido de cenizas de 0,81 % cuando se adiciona harina al 1 %, en este estudio se demuestra que harinas con un elevado contenido de grasa y proteína contribuyen a la obtención de un yogur con un alto contenido en sólidos totales y cenizas (Kaur Sidhu et al., 2020).

En el caso de la harina de papa china un análisis mostró que posee un 80 % de humedad, 1,9 % de proteína, 0,2 % de grasa, 1,3 % de cenizas y 2,6 % de fibra, valores similares se observan en productos elaborados con esta harina, como la pasta y el pan, mostrándose que los productos adquieren estas características (Deguchi et al., 2021). Este mismo comportamiento se observa en el yogur suplementado con almidón de papa china, a este producto se le adicionó almidón en diferentes porcentajes (0,5 %, 1 %, 1,5 %, 2 %, 2,5 % y 3 %) y en los diferentes tratamientos, la humedad estuvo en un promedio de 65,25 %, un porcentaje menor al observado en este estudio, respecto a las grasas, proteína y cenizas la media fue de 6,43 %, 4,52 % y 0,78 %, respectivamente, siendo estos valores mayores a los obtenidos en este estudio (Shaheryar et al., 2023). Las diferencias observadas entre los estudios son el tiempo de almacenamiento del producto y la concentración del almidón empleado en la

elaboración del yogur; no obstante, a la mayor diferencia se da en el proceso de obtención del almidón y de la harina.

En el caso de la harina de chocho o tarwi, Salazar et al. (2021) en su investigación muestra que la harina tiene una humedad de 7 %, contenido de proteínas de 52,82 %, 17,78 % de grasas, 2,95 % de cenizas y 12,58 % de fibra. De acuerdo con el gran aporte nutricional se han registrados productos lácteos elaborados con chocho, sin embargo, en lugar de elaborar el producto con harina de chocho se ha utilizado *leche de chocho*, la cual al ser mezclada con leche en polvo en proporciones (70/30) y (70/20) alcanzan un contenido en grasas de 2,88 % y 3,01 %, respectivamente. De la misma forma, el contenido proteico va de 3,86 % al 3,93 %, la fibra de 0,26 % a 0,17 %, con una humedad del 78 % y un contenido de cenizas del 0,7 %, siendo similares a los observados en este estudio, sin embargo, las calorías en yogures con *leche de chocho* son mayores que los yogures suplementados con harina de este cultivo, dado que la diferencia de energía es de 27,87 kcal (Castañeda et al., 2018).

En varios yogures naturales no enriquecidos el contenido de carbohidratos varía en un rango de 13,7 al 17,7 % (Matela et al., 2019), cuando en su producción se adiciona leche en polvo para aumentar su concentración, pero esta adición aumenta el contenido de lactosa y disminuye el contenido proteico y la firmeza del producto; es así que, en yogures a los cuales no se les adiciona leche en polvo, el contenido en carbohidratos es menor, mientras que en yogures a los que se les ha adicionado harinas como sustituto de esta leche, los porcentajes pueden mantenerse dentro del rango antes mencionado o disminuir dependiendo del porcentaje de adición de la harina (Jørgensen et al., 2019). Este comportamiento se puede observar en el trabajo de Mileib Vasconcelos et al. (2017), quienes elaboraron un yogur con harina de yacón, utilizando diferentes porcentajes de harina (1,58 %, 2,56 %, 3 %, 3,86 %) obteniendo un contenido bajo en carbohidratos con 3,86 % al 6,14 %, el cual se asocia al contenido de carbohidratos de la leche y de la raíz, considerando que el yogur elaborado era un producto bajo en grasas. En el presente trabajo dado que no se empleó leche en polvo en la elaboración del producto y se adicionó harina de papa china y chocho en un porcentaje de 0,9 %, se obtuvieron los valores registrados en la Tabla 5, siendo el contenido de carbohidratos del yogur de papa china el valor más alto entre el yogur control y el yogur de chocho, esto debido a que los carbohidratos de las harinas están

estrechamente relacionadas con la presencia del contenido de almidón, en relación a ello, la harina de papa china posee un 64,23 % de carbohidratos totales, mientras que la harina de chocho un 6,96 % ya que el contenido de almidón es insignificante (Salazar et al., 2021).

En yogures se ha observado que la actividad de agua se asocia a los estabilizantes presentes en el producto, los cuales tiene la capacidad de formar geles con los constituyentes de la leche, esto gracias a los grupos carboxilos presentes en su estructura, mismos que ayudan a obtener yogures con textura firme y alta resistencia a la separación del agua. En el presente trabajo; se obtuvo una actividad de agua constante en los tres yogures, dado que no se agregaron estabilizantes como la carragenina o la sacarosa, no obstante, en yogures con adición de harinas la variación fue de 0,990 % a 0,985 %, lo cual no difiere significativamente con los datos reportados en el estudio de Adrianzén (2022).

Tabla 5. Composición proximal y contenido calórico del yogur elaborado con harina de chocho y papa china

Parámetros	Yogur control	Yogur de papa china	Yogur de chocho
Humedad (%)	88,21±0,2 ^a	85,60±0,20 ^b	85,84±0,09 ^b
Proteína (%)	2,96±0,05 ^c	3,19±0,05 ^b	3,66±0,05 ^a
Grasa (%)	3,90±0,05 ^{a,b}	3,92±0,05 ^b	4,04±0,05 ^a
Cenizas (%)	0,56±0,02 ^b	0,73±0,06 ^a	0,70±0,09 ^{a,b}
Fibra (%)	0,58±0,05 ^c	2,38±0,05 ^a	2,17±0,05 ^b
Carbohidratos [CH] (%)	3,77±0,35 ^a	4,23±0,39 ^a	3,59±0,04 ^a
pH	4,61±0,00 ^a	4,46±0,01 ^a	4,44±0,01 ^a
Acidez Titulable (% ácido láctico)	1,11±0,01 ^a	1,15±0,01 ^a	1,19±0,01 ^a
Actividad de agua	0,99±0,0001 ^a	0,99±0,0004 ^a	0,99±0,0002 ^a
Calorías (Kcal/100g)	63,36±0,20 ^b	69,10±0,20 ^a	69,70±0,20 ^a
Calorías de la grasa (Kcal/100g)	35,28±0,45 ^{a,b}	35,46±0,45 ^b	36,36±0,45 ^a
Calorías de CH y grasa (Kcal/100g)	50,35±0,99 ^a	51,58±1,32 ^a	50,72±0,32 ^a
Calorías de Proteína (Kcal/100g)	11,84±0,20 ^c	12,76±0,20 ^b	14,64±0,20 ^a

Los resultados son la media ± desviación estándar. Los superíndices a, b y c indican diferencia significativa entre los diferentes yogures para cada parámetro proximal, evaluada con una prueba Tukey al 95 % de confianza.

3.1.4. Parámetros reológicos

3.1.4.1. Viscosidad

En la Figura 3 se muestran los valores de viscosidad de cada muestra de yogur, el yogur con adición de harina de papa china mostró una rápida disminución de la viscosidad desde 3924 mPa·s hasta 565,2 mPa·s en donde se observa estabilización. Por otro lado, en el yogur con adición de harina de chocho, el descenso de viscosidad es menos pronunciado, disminuyendo de 3560 mPa·s a 422 mPa·s. En el caso del yogur control ocurre un descenso similar al del yogur con harina de chocho, la disminución va desde 3460 mPa·s a 412,9 mPa·s, siendo esta muestra de yogur la que presenta la viscosidad más baja en relación con la velocidad de deformación. De esta forma se determina que las muestras analizadas presentan un comportamiento pseudoplástico, típico de los yogures, esto según el modelo de la ley de la potencia ajustado a coeficientes de correlación de 0,99.

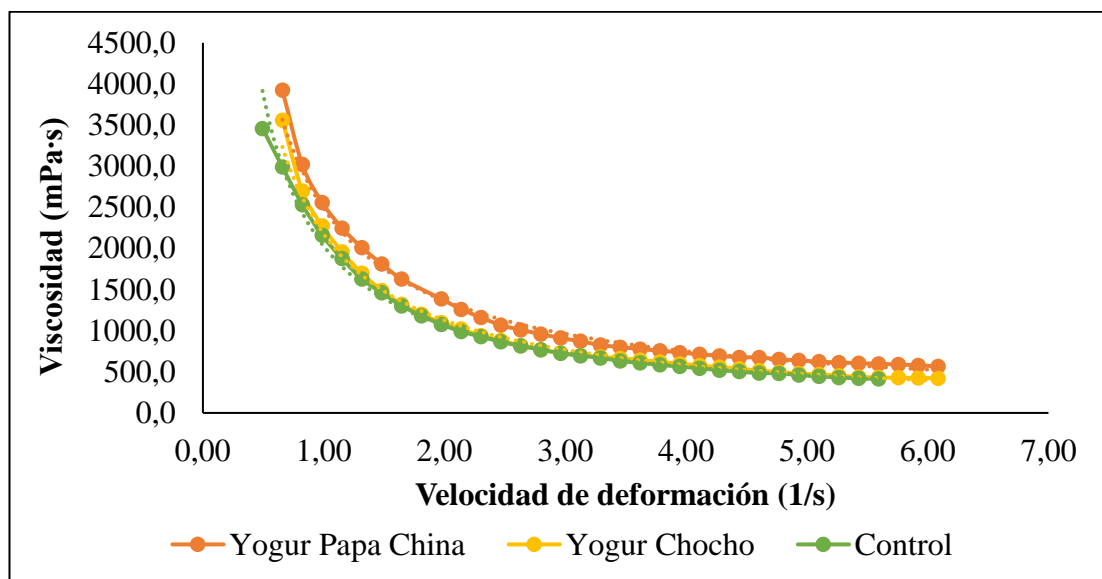


Figura 3. Variación de la viscosidad (mPa·s) con relación a la velocidad de deformación (1/s) de las muestras de yogur control y yogures con 0,9 % de adición de harinas de papa china y chocho.

Los resultados del índice de comportamiento (η) se muestran en la Tabla 6. Se observa que tanto el yogur control como el yogur con harina de papa china y con harina de chocho muestran un adelgazamiento bajo el cizallamiento, lo que implica que la viscosidad disminuya a medida que incrementa la velocidad de corte (Paxton et al., 2017).

La viscosidad es un parámetro que afecta significativamente la estructura y la textura del yogur (Arslaner et al., 2021). Se ha observado que la adición de harinas o pulpas sirven para mejorar la textura del yogur, por ejemplo, en el estudio de Liu (2019) sobre la adición de pulpa de flor de arándanos, los resultados muestran que se incrementa la firmeza y la viscosidad del yogur, siendo la principal causa de este aumento el contenido de fibra cruda de la flor de arándanos. De la misma forma, la producción de yogur con polvo de linaza contribuye a mejorar las propiedades reológicas del producto, mostrando que este parámetro se ve afectado por el tiempo de almacenamiento y la concentración del polvo de linaza (Kalyas & Ürkek, 2022). En yogures con harina de camote morado, se ha evidenciado que el almidón presente en el camote posee buenas propiedades para producir masas con alta viscosidad, lo cual confiere al producto una excelente estabilidad bajo procesos de refrigeración (Suwannaphan, 2022).

Por otro lado, en yogures con inclusión de harina de cáscara de mango y de patata presentan valores de viscosidad altos, en comparación con la viscosidad de las muestras de este estudio, además, se destaca el periodo de incubación en el aumento de este parámetro reológico. Dentro de este estudio se destaca el contenido de fibra de las harinas, mismo que contribuye a aumentar la viscosidad aparente (Perez-Chabela et al., 2021).

Tabla 6. Ecuación y coeficiente de correlación de la viscosidad en relación con la velocidad de deformación de las muestras de yogur control y yogures con 0,9 % de adición de harinas de papa china y chocho

Muestras	Viscosidad	
	Ecuación	Coefficiente de correlación
Yogur control (sin adición de harinas)	$\eta = 2029,4(\dot{\gamma})^{0,069}$	0,9892
Yogur con harina de papa china	$\eta = 2484,1(\dot{\gamma})^{0,136}$	0,9947
Yogur con harina de chocho	$\eta = 2153,8(\dot{\gamma})^{0,058}$	0,9977

3.1.4.2.Consistencia

Respecto a la consistencia, este parámetro guarda relación con la cantidad de sólidos presentes en el producto, con su temperatura y el tiempo de almacenamiento (Curti et al., 2017). En la Tabla 7 se muestran los resultados obtenidos en los diferentes yogures con el consistómetro de Bostwick, donde el yogur con harina de papa china presenta el menor valor de consistencia con 15,00 cm a 7 °C, mientras que, el yogur con harina de chocho presenta una consistencia de 18,50 cm a 7,2 °C. No obstante, el yogur control presenta el mayor valor de consistencia con 21,50 cm a 7,3 °C. La consistencia es inversamente proporcional a la viscosidad, por lo cual, mientras más altos sean los valores de viscosidad menores serán los valores de consistencia (Muyambo & Urombo, 2018).

La temperatura de incubación influye en la consistencia obtenida, dado que a una temperatura más baja existirá un mayor efecto sobre este parámetro; de tal forma que, para conseguir una mejora en la textura del yogur es necesario monitorear el cambio de viscosidad considerando el tiempo y temperatura de incubación (Guénard-Lampron et al., 2020).

Por otro lado, se ha observado que los yogures enriquecidos con pulpas, polvos y harinas logran mejorar la consistencia, este es el caso de yogures con tapioca y con leche en polvo, en los cuales la adición de estos ingredientes generó que el producto fuese más homogéneo (Moga, 2021). De la misma forma, en yogures suplementados con harina de garbanzo se observó que la adición de la harina mostraba mejores índices de consistencia en comparación con los yogures control (Cabrera-Ramírez et al., 2021). Esta mejora en la textura general del yogur, se asocia a la presencia de fibra dietética, que en el caso de yogures suplementados con harina de avena la consistencia mejora gracias a que se reduce la separación del suero en el yogur (Alqahtani et al., 2021).

Tabla 7. Consistencia de Bostwick de las muestras de yogur control y yogures con 0,9 % de adición de harinas de papa china y chocho

Muestras	Consistencia (cm)	Temperatura (°C)
Yogur control	21,50	7,3
Yogur con harina de papa china	15,00	7
Yogur con harina de chocho	18,50	7,2

3.1.5. Análisis fisicoquímico

3.1.5.1. Estabilidad de pH, acidez y color

El pH y acidez del yogur son parámetros importantes para determinar la calidad de un producto, en el presente estudio se obtuvieron valores de pH y acidez sin diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) entre el yogur control y los yogures fortificados con harina de chocho y papa china (Tabla 5). Por otro lado, considerando el tiempo de almacenamiento de 21 días se observan diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$). En la Figura 4 se observa que los yogures presentaron un descenso de pH desde el día 1 hasta el día 21 en rangos de 5,11 a 4,22, para el yogur control, de 4,90 a 4,09 para el yogur de papa china y de 5,01 a 4,01 para el yogur de chocho. Por otro lado, en la Figura 5 se observa un aumento del porcentaje de ácido láctico en los diferentes yogures durante el periodo de almacenamiento. Para el yogur control el porcentaje aumento de 0,82 al 1,37 %, para el yogur de papa china de 0,85 al 1,35 %, mientras que para el yogur de chocho de 0,88 al 1,38 %.

El pH y la acidez se correlacionan negativamente de forma que mientras un valor asciende, el otro valor desciende. El principal impulsor de este desarrollo de acidez es la fermentación de la leche por acción de bacterias ácido lácticas como *S. thermophilus* o *L. bulgaricus*, donde la lactosa se convierte en ácido láctico y genera el aumento de la acidez en el yogur. Además, este valor puede aumentar ante la presencia de harinas, las cuales ayudan al crecimiento de los cultivos iniciadores presentes en el yogur, esto se observa en yogures elaborados con harina de garbanzo, que muestran un pH de 6,4 con una acidez de 2,5 al adicionárseles harina en un 5 % (Kaur Sidhu et al., 2020). De la misma forma, al usar harina de pulpa de manzana se observó un decrecimiento del pH de 6,57 (sin adición de harina) a 5,70 tras adicionar un 5 % de esta; esta

disminución de pH se debe a los ácidos presentes en la pulpa de manzana, entre los que destacan el ácido málico, ursólico, oleanólico, betulínico, clorogénico, cafeico, p-cumariolquínico y ferúlico, los cuales influyeron en el descenso de pH y aumento de la acidez en el yogur (Jovanović et al., 2020). Por lo tanto, de acuerdo a lo reportado se observa que el pH más bajo se da con la adición de harina de chocho, el cual posee ácido oleico, linoleico, palmítico, palmitoleico, esteárico, mirístico, araquídico, behénico y erúsico (Arias, 2015).

En el caso de yogures enriquecidos con harina de algarroba, se observa que en un periodo de almacenamiento de 28 días, el porcentaje de ácido láctico aumenta de 1,08 % al 1,12 %, mientras que el pH disminuye de 4,61 a 4,42 (Akdeniz, 2023). Por otro lado, en relación con el pH de yogures fabricados con almidón de papa china se observa que tras 28 días de almacenamiento el pH disminuye de 4,40 a 4,30 y la acidez aumenta de 0,81 al 0,82 % (Shaheryar et al., 2023). Para yogures suplementados con polvo de cebada tostada en diferentes porcentajes (0,5 %, 1 %, 1,5 %, 2 %, 2,5 % y 3 %) se registró que tras 14 días de almacenamiento el pH disminuyó de 5,05 a 4,80 en el yogur con 0,5 % de adición del polvo, mientras que la acidez aumentó de 0,65 % al 0,84 % en el mismo yogur (Abdeldaiem et al., 2023), mostrándose así resultados similares a los observados en el presente trabajo.

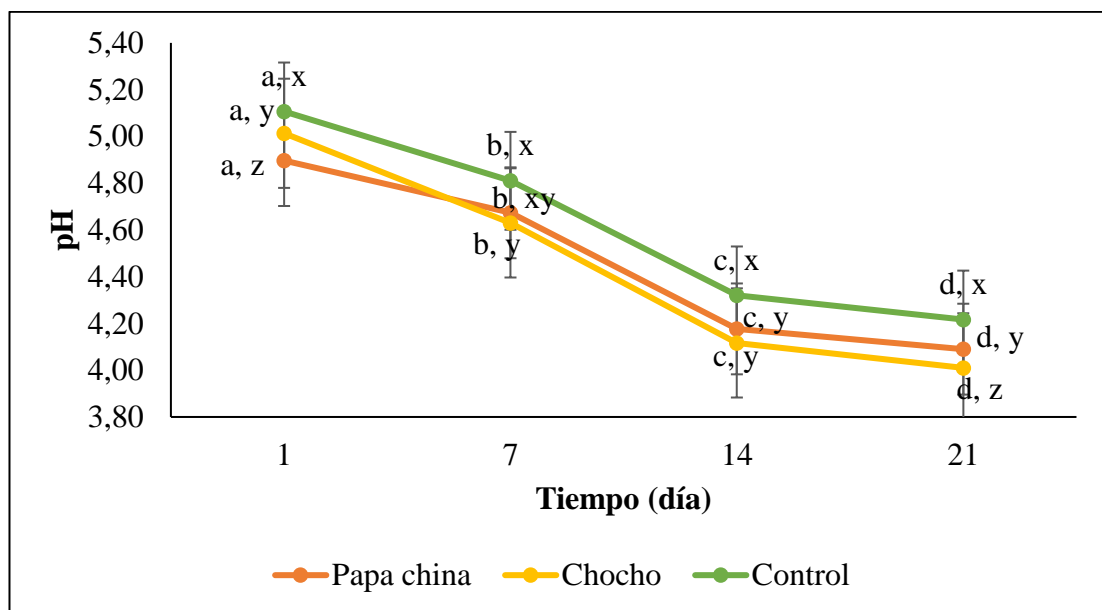


Figura 4. Evolución del pH en las muestras de yogur. Las letras (a, b, c, d) presentan diferencias significativas de cada muestra en el tiempo ($p \leq 0,05$). Las letras (x, y, z)

presentan diferencias significativas entre muestras al mismo tiempo ($p \leq 0,05$). Los resultados son la media \pm desviación estándar.

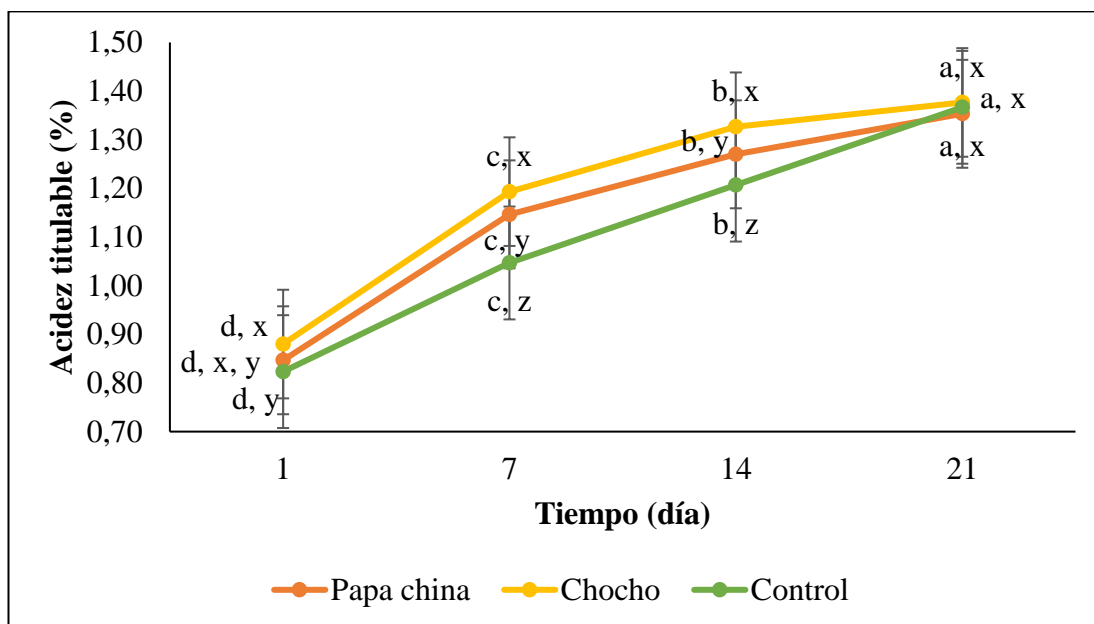


Figura 5. Evolución de la acidez titulable en las muestras de yogur. Las letras (a, b, c, d) presentan diferencias significativas de cada muestra en el tiempo ($p \leq 0,05$). Las letras (x, y, z) presentan diferencias significativas entre muestras al mismo tiempo ($p \leq 0,05$). Los resultados son la media \pm desviación estándar.

Los parámetros de color como luminosidad (L^*) (Figura 6), rojo/verde (a^*) (Figura 7) y amarillo/azul (b^*) (Figura 8) muestran los cambios de coloración de las muestras de yogur durante el periodo de almacenamiento de 21 días. El color es uno de los factores que definen la calidad del producto. La luminosidad (L^*) está asociada a la presencia de sólidos (grasa, proteína y cenizas) dado que al existir una mayor cantidad de sólidos en la bebida existe mayor esparcimiento de luz generando una menor luminosidad y blancura (Picon, 2019). Esto explicaría que los yogures con adición de harina de papa china y chocho poseen una menor luminosidad en comparación con el yogur control (sin adición de harina). En este sentido se observa diferencias estadísticamente significativas entre las muestras y durante el periodo de almacenamiento, el yogur control posee un valor de L^* de 83,63 en el día 1 y este valor aumenta a 85,06, por otro lado, el yogur enriquecido con harina de papa china muestra un valor de luminosidad (L^*) de 82,62 en el primer día de almacenamiento y un valor de 82,96 al día 21. En el caso del yogur con harina de chocho la luminosidad en el día 1 fue de 82,03 y aumento a 82,22 en el último día de almacenamiento.

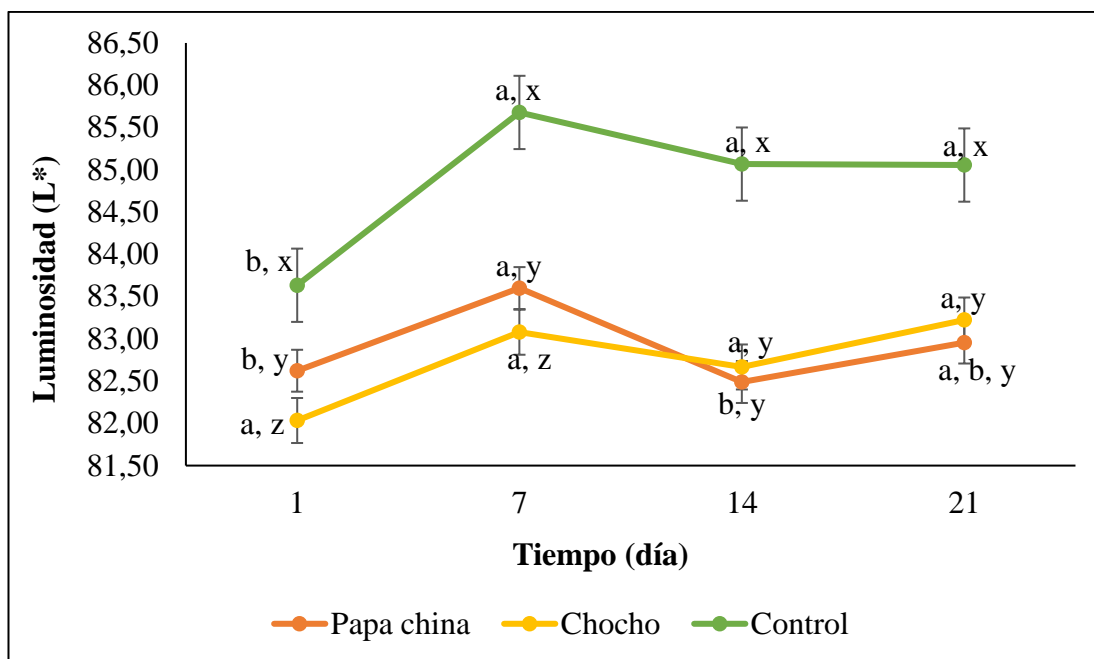


Figura 6. Evolución de la luminosidad (L^*) de las muestras de yogur en el tiempo. Las letras (a, b, c, d) presentan diferencias significativas de cada muestra en el tiempo ($p \leq 0,05$). Las letras (x, y, z) presentan diferencias significativas entre muestras al mismo tiempo ($p \leq 0,05$). Los resultados son la media \pm desviación estándar.

Respecto a la tendencia a rojos/verdes (a^*) (Figura 7) de las muestras analizadas, se observan diferencias estadísticamente significativas entre los yogures y en el tiempo de almacenamiento. Todos los valores de a^* mostraron valores negativos, destacándose los valores del yogur control, el cual no mostró diferencias significativas a través del tiempo (-1,94 al -1,91). Cuando los valores de a^* son negativos se habla de que las muestras poseen una tendencia a una cromaticidad verde. En el caso de los yogures con harina de chocho y papa china, aunque ambos muestran valores de a^* negativos, estos son mayores en comparación con la muestra control. Esto se debe a la presencia de pigmentos en la papa china como pelargonidina 3-glucósido, cianidina 3-ramnósido y cianidina 3-glucósido y niveles bajos de antocianinas (Prajapati et al., 2011), tanto en la papa china como en el chocho. Además, esta variabilidad está relacionada con el incremento de la acidez durante el almacenamiento, lo que permitió que el yogur empiece a desuerar, dando lugar a una tendencia al color verde característico del suero (Tapia, 2015).

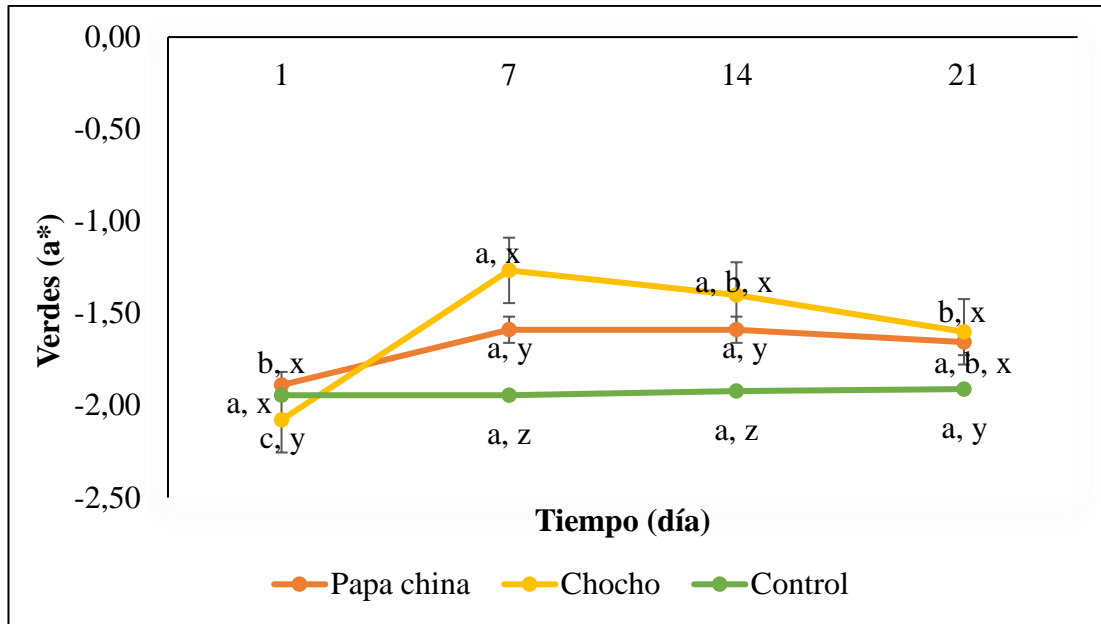


Figura 7. Evolución de los rojos/verdes (a*) en las muestras de yogur en el tiempo. Las letras (a, b, c, d) presentan diferencias significativas de cada muestra en el tiempo ($p \leq 0,05$). Las letras (x, y, z) presentan diferencias significativas entre muestras al mismo tiempo ($p \leq 0,05$). Los resultados son la media \pm desviación estándar.

Por otro lado, la tendencia amarillo/azul (b*) (Figura 8) muestra cromaticidad amarilla, los valores más constantes se observan en la muestra de yogur control, el cual desde el primer día de almacenamiento hasta el último día presenta valores desde 4,39 al 4,71, por otro lado, el yogur de chocho muestra valores de 6,01 a 5,64 y el yogur de papa china durante el día 1 y 21 de almacenamiento presenta valores desde 4,96 al 5,41, respectivamente. Estas variaciones en las muestras podrían estar directamente relacionado con el color de las harinas, el contenido lipídico y pigmentos como los flavonoides. Además, la coloración amarilla oscura en los días 14 y 21 podría atribuirse a un aumento de sinéresis provocado por la disminución de pH e incremento de acidez (Boeck et al., 2021).

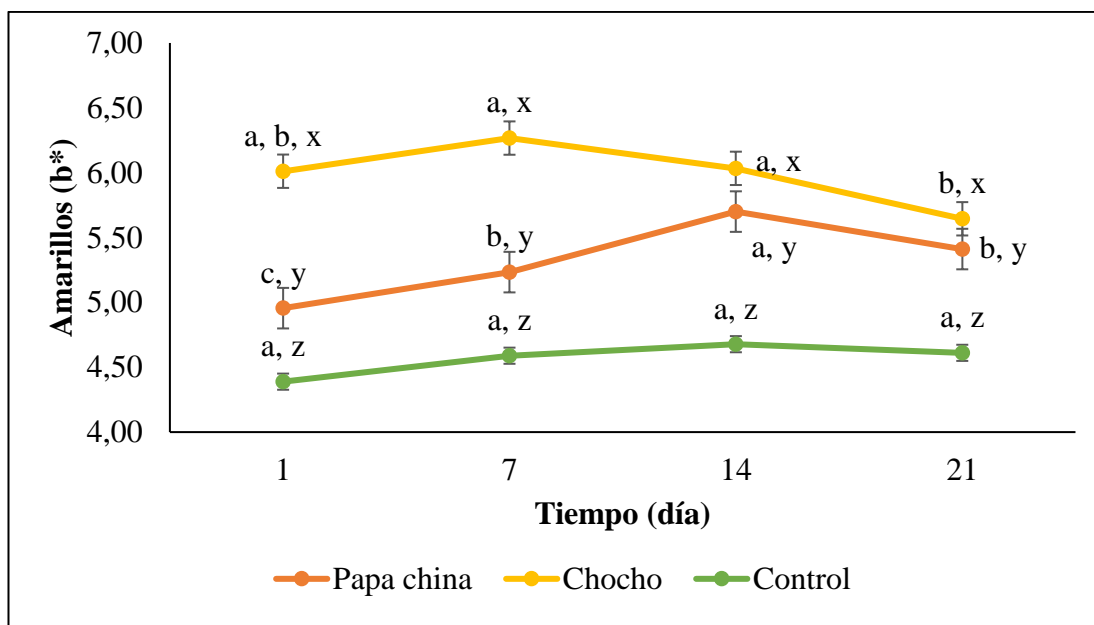


Figura 8. Evolución de los amarillos/azules (b^*) en las muestras de yogur en el tiempo. Las letras (a, b, c, d) presentan diferencias significativas de cada muestra en el tiempo ($p \leq 0,05$). Las letras (x, y, z) presentan diferencias significativas entre muestras al mismo tiempo ($p \leq 0,05$). Los resultados son la media \pm desviación estándar.

Los valores en los parámetros L^* , a^* y b^* obtenidos en este estudio son similares a los observados en yogures enriquecidos con distintos tipos de fibras (inulina, guisantes, avena y trigo) en diferentes concentraciones (1 %, 1,5 %, 2 % y 2,5 %), donde, el valor L^* mostró valores desde 84,98 al 86,14, a^* valores desde -7,18 al -6,82 y b^* con valores desde 11,6 al 12,46 (Dabija et al., 2018). Por otro lado, en yogures suplementados con harina de cáscara de papaya, los valores variaron debido a que un incremento en la concentración de la harina en el yogur provocó una reducción de la luminosidad y alcanzó valores de hasta 66,85 a un 30% de adición, en los valores de a^* existe una tendencia al enrojecimiento, mientras que los valores b^* mostraron tendencia a un color amarillento, estas tendencias asociadas principalmente a la concentración y a los pigmentos propios de la cáscara de papaya (Manzoor et al., 2019).

Otros valores similares a los presentados en este trabajo se observan en yogures elaborados con harina de cáscara de maracuyá, a los cuales se les agregó la harina en diferentes concentraciones (0,10 %, 0,15 % y 0,20 %) obteniéndose valores de L^* de 82,37 al 0,10 %, 82,37 al 0,15 % y 81,57 al 0,20 %. Respecto a los valores de a^* , los valores fueron negativos para las tres concentraciones en un rango de -1,28 al -0,76 y

con valores de b^* desde 7,99 al 8,68. Estos valores se asociaban a la presencia de varios tipos de carotenoides en la maracuyá, los cuales justificaban la tendencia a amarillos de las muestras analizadas (Vieira et al., 2015).

3.1.6. Análisis sensorial

En el análisis sensorial se llevó a cabo una prueba hedónica en donde se consideró el color, olor, sabor, textura y aceptabilidad de los yogures elaborados. Se observaron diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre la aceptabilidad, textura y sabor de las bebidas. De estas el yogur con mayor aceptabilidad al ser comparado con el yogur control fue el yogur con harina de papa china, de la misma forma considerando la textura. Por otro lado, considerando el olor, el yogur con harina de chocho mostró mayor similitud al control. Respecto al color, no se registraron diferencias entre las tres muestras de yogur (Figura 9).

Los valores reportados son similares para yogures suplementados con harina de lenteja, estos yogures no mostraron diferencias significativas entre el color de las muestras con el control, de la misma forma, las muestras con diferentes concentraciones de harina (1 al 3 %) mostraron una aceptabilidad similar, siendo la bebida con harina al 3 % la menos aceptada (Zare et al., 2011). En el caso de muestras de yogur suplementado con almidón de papa china se observó que la aceptabilidad de este tipo de yogur varía en base a la concentración de la harina y el tiempo de almacenamiento, además, se asocia la aceptabilidad del producto a su sabor, aroma y color (Shaheryar et al., 2023). Por otro lado, para bebidas suplementadas con harina de chocho se observa que la aceptabilidad disminuye mientras más alta sea la concentración de la harina, lográndose obtener bebidas con una aceptabilidad moderada mientras la concentración se mantenga entre 5 al 10 % (Quispe et al., 2021).

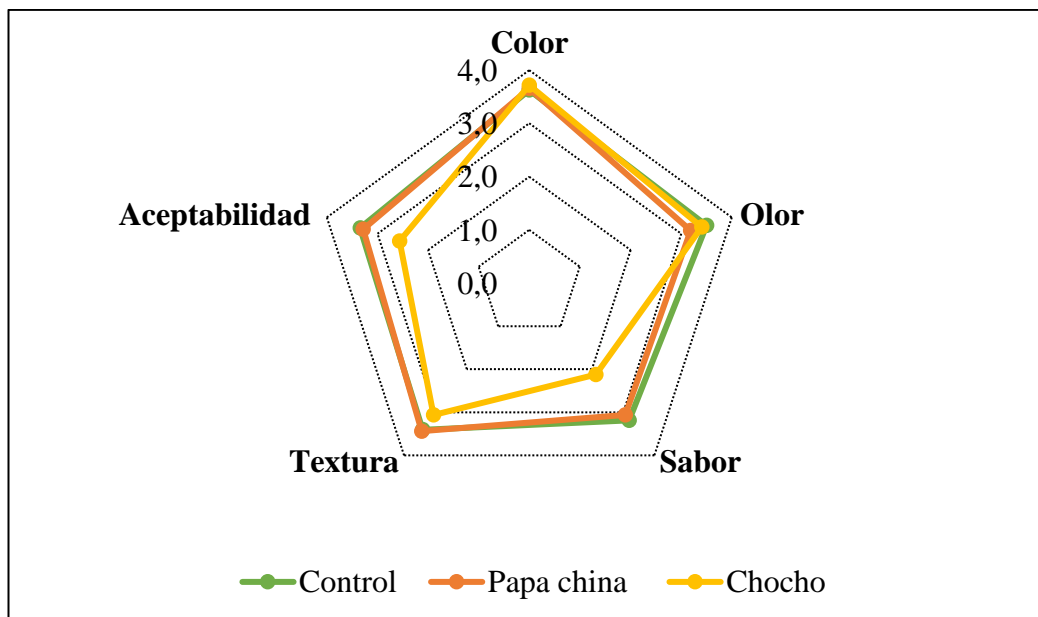


Figura 9. Perfil sensorial de las muestras de yogur control y yogures con 0,9 % de adición de harinas de papa china y chocho.

3.2. Verificación de hipótesis

Tras un análisis ANOVA y prueba de Tukey ($p \leq 0,05$) se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa dado que la adición de harinas de papa china (*Colocasia esculenta*) y chocho (*Lupinus mutabilis*) afectan las propiedades fisicoquímicas, reológicas, y sensoriales del yogur entero.

CAPÍTULO 4

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Se determinó que la concentración óptima de harinas de cultivos andinos de papa china (*Colocasia esculenta*) y chocho (*Lupinus mutabilis*) para la elaboración de yogures es de 0,9 %, misma que permite la formación del gel característico de las leches fermentadas, con buena viscosidad y baja sinéresis.
- Tras realizar un análisis estadístico se determinó que tanto las propiedades fisicoquímicas, la composición proximal y las propiedades reológicas del yogur con harina de papa china (*Colocasia esculenta*) y chocho (*Lupinus mutabilis*) muestran diferencias estadísticamente significativas tras 21 días de almacenamiento. Respecto a los valores de pH estos disminuyeron a medida que el porcentaje de ácido láctico aumentaba por acción de las bacterias ácido lácticas presentes en yogur. En la composición proximal destaca la presencia de fibra en los yogures con harinas de cultivos andinos, mismas que mejoraron la viscosidad y consistencia del yogur. Así mismo, la presencia de proteínas, grasas y carbohidratos intervinieron en la aceptabilidad de los productos.
- Los tres yogures tuvieron buena aceptabilidad, no obstante, el yogur con harina de papa china mostró un perfil sensorial similar al del control, observándose que la adición de harinas no altera significativamente el color, textura, olor y sabor del yogur.

4.2. Recomendaciones

- Realizar análisis microbiológicos para determinar el tiempo de vida útil de los yogures con harinas de cultivos andinos.
- Se recomienda la adición de edulcorantes para realzar el sabor del yogur con harina de chocho.

MATERIALES DE REFERENCIA

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdeldaiem, A., Ali, A., Shah, N., Ayyash, M., & Mousa, A. (2023). Physicochemical analysis, rheological properties, and sensory evaluation of yogurt drink supplemented with roasted barley powder. *Food Science and Technology*, *173*, 114-319. doi:<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.114319>
- Aditika, Kapoor, B., Singh, S., & Kumar, P. (2022). Taro (*Colocasia esculenta*): Zero wastage orphan food crop for food and nutritional security. *South African Journal of Botany*, *145*, 157-169. doi:<https://doi.org/10.1016/j.sajb.2021.08.014>
- Adrianzén, S. A. B. d. R. (2022). Bebidas lácteas fermentadas con características probióticas empleando leche de cabra (*Capra aegagrus hircus*).
- Akdeniz, V. (2023). The quality characteristics of probiotic yogurts enriched with carob flour: ultrasonication effects at different production stages. *Journal of Food Science and Technology*, *60*(1), 272-282. doi:10.1007/s13197-022-05612-z
- Albuja-Vaca, D., Yépez, C., Vernaza, M. G., & Navarrete, D. (2020). Gluten-free pasta: development of a new formulation based on rice and lupine bean flour (*Lupinus Mutabilis*) using a mixture-process design. *Food Science and Technology*, *40*(2), 408-414. doi:10.1590/fst.02319
- Alqahtani, N. K., Darwish, A. A., El-Menawy, R. K., Alnemr, T. M., & Aly, E. (2021). Textural and organoleptic attributes and antioxidant activity of goat milk yoghurt with added oat flour. *International Journal of Food Properties*, *24*(1), 433-445.
- Anil, K., & Roshan, D. (2023). Yogurt Market by Type. *Food*. Retrieved from <https://www.alliedmarketresearch.com/yogurt-market>
- AOAC 101.92. (2005). Total carbohydrates.

- AOAC 925.10. (2000). Solids (total) and loss on drying (moisture). Retrieved from http://www.aocofficialmethod.org/index.php?main_page=advanced_search_result&search_in_description=1&keyword=925.10&x=0&y=0
- AOAC 945.46. (2016). Ash of milk. Gravimetric method.
- AOAC 985.29. (2003). Total dietary fiber in foods. Enzymatic. Retrieved from http://www.aocofficialmethod.org/index.php?main_page=product_info&cPath=1&products_id=572
- AOAC 2001.11. (2005). Protein (crude) in animal feed, Forage (plant). Retrieved from http://www.aocofficialmethod.org/index.php?main_page=advanced_search_result&search_in_description=1&keyword=AOAC+2001.11&x=0&y=0
- Arias, M. C. (2015). Tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) una planta con potencial nutritivo y medicinal. *Revista bio ciencias*, 3(3), 163-172.
- Armijos, S. (2023). Industria lechera ecuatoriana cumple con altos estándares de calidad e inocuidad. *Vistazo*. Retrieved from <https://www.vistazo.com/enfoque/industria-lechera-ecuatoriana-cumple-con-altos-estandares-de-calidad-e-inocuidad-JG4811209>
- Arslaner, A., Salik, M. A., & Bakirci, I. (2021). The effects of adding Hibiscus sabdariffa L. flowers marmalade on some quality properties, mineral content and antioxidant activities of yogurt. *Food Science Technology*, 58(1), 223-233. doi:10.1007/s13197-020-04533-z
- Babio, N., Mena-Sánchez, G., & Salas-Salvadó, J. (2017). Beyond the nutritional value of yogurt: a diet quality indicator? *Nutrition*, 34, 26-30.
- Bebeli, P. J., Lazaridi, E., Chatzigeorgiou, T., Suso, M.-J., & Hein, W. (2020). State and Progress of Andean Lupin Cultivation in Europe. *Agronomy*, 10(7). doi:10.3390/agronomy10071038
- Boeck, T., Sahin, A. W., Zannini, E., Arendt, E. K., & Safety, F. (2021). Nutritional properties and health aspects of pulses and their use in plant-based yogurt alternatives. *Food Science*, 20(4), 3858-3880.

- Brandolini, A., Glorio-Paulet, P., Estivi, L., Locatelli, N., Cordova-Ramos, J. S., & Hidalgo, A. (2022). Tocopherols, carotenoids and phenolics changes during Andean lupin (*Lupinus mutabilis* Sweet) seeds processing. *Journal of Food Composition and Analysis*, *106*, 104335. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.104335>
- Cabrera-Ramírez, A. H., Morales-Koelliker, D., & Aguilar-Raymundo, V. G. (2021). Milk solids replacement with chickpea flour in a yogurt system and their impact on their physicochemical, rheological, and microstructural properties during storage *Scientia Agropecuaria*, *12*, 385-391.
- Carvajal-Larenas, F. (2019). Nutritional, rheological and sensory evaluation of *Lupinus mutabilis* food products. *Journal of Food Sciences*, *37*(5), 301-311.
- Carvajal-Larenas, F. E., Linnemann, A. R., Nout, M. J. R., Koziol, M., & van Boekel, M. A. J. S. (2016). *Lupinus mutabilis*: Composition, Uses, Toxicology, and Debittering. *Food Science and Nutrition*, *56*(9), 1454-1487. doi:10.1080/10408398.2013.772089
- Castañeda, C. B., Manrique M., R., Gamarra Castillo, F., Muñoz Jáuregui, A., Ramos E., F., Lizaraso Caparó, F., & Martínez H, J. (2018). Probiótico elaborado en base a las semillas de *Lupinus mutabilis* sweet (chocho o tarwi) *Acta Médica Peruana*, *25*, 210-215.
- Chemura, A., Kutwayo, D., Hikwa, D., & Gornott, C. (2022). Climate change and cocoyam (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) production: assessing impacts and potential adaptation strategies in Zimbabwe. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, *27*(6), 42. doi:10.1007/s11027-022-10014-9
- Chukwu, M., & Onuh, E. J. A. a. S. (2020). Proximate Composition and Organoleptic Attributes of Legume-Yoghurt Samples Fermented by Lactic Acid Bacteria.
- CIL. (2023). *En Ecuador, cerca del 46% de la producción de leche diaria se usa en la industria formal*. Retrieved from <https://www.cil-ecuador.org/post/en-ecuador-cerca-del-46-de-la-producci%C3%B3n-de-leche-diaria-se-usa-en-la-industria-formal>

- Córdova-Ramos, J. S., Glorio-Paulet, P., Camarena, F., Brandolini, A., & Hidalgo, A. (2020). Andean lupin (*Lupinus mutabilis* Sweet): Processing effects on chemical composition, heat damage, and in vitro protein digestibility. *Cereal Chemistry*, *97*(4), 827-835. doi:<https://doi.org/10.1002/cche.10303>
- Cornejo, F., Salazar, R., Martínez-Espinosa, R., Villacrés, E., Paredes-Escobar, M., Ruales, J., & Penafiel, D. (2022). Evaluation of starch digestibility of Andean crops oriented to healthy diet recommendation. *International Journal of Food Properties*, *25*(1), 1146-1155. doi:10.1080/10942912.2022.2074036
- Côté, C., Germain, I., Dufresne, T., & Gagnon, C. J. J. o. t. s. (2019). Comparison of two methods to categorize thickened liquids for dysphagia management in a clinical care setting context: The Bostwick consistometer and the IDDSI Flow Test. Are we talking about the same concept? *Of texture studies*, *50*(2), 95-103.
- Curti, C., Fino, L. D. C., Lamadrid, A. P. O., Ribeiro, A. P. B., Cunha, D. T. Da, Vinderola, G., Antunes, A. E. C., & Ramon, A. (2022). The addition of Andean lupin (*Lupinus mutabilis*) protein concentrate enhances the nutritive value and the antioxidant activity of yoghurt. *Human Nutrition and Dietetics*, *26*, 1–24.
- Curti, C. A., Vidal, P. M., Curti, R. N., & Ramón, A. N. (2017). Chemical characterization, texture and consumer acceptability of yogurts supplemented with quinoa flour. *Food Science Technology*, *37*, 627-631.
- Dabija, A., Codina, G., Anca, G., & Lacramioara, R. (2018). Quality assessment of yogurt enriched with different types of fibers. *CyTA - Journal of Food*, *16*, 859-867. doi:10.1080/19476337.2018.1483970
- Deguchi, M., Ito, S., Motohashi, R., & Arai, E. (2021). Effects of taro (*Colocasia esculenta* L. Schott) drying on the properties of taro flour and taro flour products. *Food Science and Technology Research*, *27*(3), 369-379. doi:10.3136/fstr.27.369
- Donazar-Ezcurra, M., Lopez-del Burgo, C., Martinez-Gonzalez, M. A., Dominguez, L. J., Basterra-Gortari, F. J., de Irala, J., & Bes-Rastrollo, M. J. B. J. o. N. (2019). Association of the Dietary-Based Diabetes-Risk Score (DDS) with the

risk of gestational diabetes mellitus in the Seguimiento Universidad de Navarra (SUN) project. *British Journal of Nutrition*, 122(7), 800-807.

Falconí, C., & Yáñez, M., Viviana. (2022). Available Strategies for the Management of Andean Lupin Anthracnose. *Plants*, 11(5). doi:10.3390/plants11050654

Falconí, C. E. (2012). *Lupinus mutabilis in Ecuador with special emphasis on anthracnose resistance*: Wageningen University and Research.

Fisberg, M., & Machado, R. (2017). History of yogurt and current patterns of consumption. *Nutrition*, 73(suppl_1), 4-7. doi:10.1093/nutrit/nuv020 %J Nutrition Reviews

Garmus, T. T., Bezerra, J. R. M. V., Rigo, M., & Córdova, K. R. V. J. A. (2016). Avaliação sensorial e físico-química de iogurte enriquecido com farinha de linhaça Sensory evaluation and physical chemistry of yogurt enriched with flaxseed flour. *Ambiência*, 12(1), 251-258.

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

Gulisano, A., Alves, S., Martins, J. N., & Trindade, L. M. J. F. i. P. S. (2019). Genetics and breeding of *Lupinus mutabilis*: An emerging protein crop. *10*, 1385.

Gulisano, A., Alves, S., Rodriguez, D., Murillo, A., van Dinter, B.-J., Torres, A. F., . . . Trindade, L. M. (2022). Diversity and Agronomic Performance of *Lupinus mutabilis* Germplasm in European and Andean Environments. *Frontiers in Plant Science*, 13. doi:10.3389/fpls.2022.903661

Jørgensen, C. E., Abrahamsen, R. K., Rukke, E.-O., Hoffmann, T. K., Johansen, A.-G., & Skeie, S. B. (2019). Processing of high-protein yoghurt – A review. *International Dairy Journal*, 88, 42-59. doi:https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2018.08.002

- Jovanović, M., Petrović, M., Miočinović, J., Zlatanović, S., Laličić Petronijević, J., Mitić-Ćulafić, D., & Gorjanović, S. (2020). Bioactivity and Sensory Properties of Probiotic Yogurt Fortified with Apple Pomace Flour. *Foods*, 9(6), 763.
- Kalyas, A., & Ürkek, B. (2022). Effect of flaxseed powder on physicochemical, rheological, microbiological and sensory properties of yoghurt. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 65, 222-255.
- Kaur Sidhu, M., Lyu, F., Sharkie, T. P., Ajlouni, S., & Ranadheera, C. S. (2020). Probiotic Yogurt Fortified with Chickpea Flour: Physico-Chemical Properties and Probiotic Survival during Storage and Simulated Gastrointestinal Transit. *Foods*, 9(9), 1144.
- Krisnaningsih. (2018). Optimization of Taro (*Colocasia esculenta*) Starch as a Stabilizer in Physico-chemical and Sensory Evaluation of Yogurt. *Pakistan Journal of Nutrition*, 17(7), 319-322.
- Krisnaningsih, A., & Radiati, L. (2019). The effect of incubation time to the physicochemical and microbial properties of yoghurt with local taro (*colocasia esculenta* (L.) Schott) starch as stabilizer. *Current Research in Nutrition Food Science*, 7(2), 547.
- Lebot, V., & Ivančić, A. (2022). Taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott), breeding history, objectives, methods and strategies: a review of fifty years of sporadic efforts. *Euphytica*, 218(11), 166. doi:10.1007/s10681-022-03118-5
- Lemus, A., Rivero, F., Montserrat, S., & Millan, M. C. (2023). Nutritional composition and biological activity of narrow-leafed lupins (*Lupinus angustifolius* L.) hydrolysates and seeds. *Food Chemistry*, 420, 136104. doi:https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.136104
- Liu, D. L. X. (2019). Effect of blueberry flower pulp on sensory, physicochemical properties, lactic acid bacteria, and antioxidant activity of set-type yogurt during refrigeration. *Journal of Food Processing and Preservation*, 43(1), e13856. doi:https://doi.org/10.1111/jfpp.13856

- Manzoor, S., Yusof, Y. A., Chin, N. L., Tawakkal, A., Mohamed, I. S., Fikry, M., & Chang, L. S. J. P. J. o. T. A. S. (2019). Quality Characteristics and Sensory Profile of Stirred Yogurt Enriched with Papaya Peel Powder. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science*, 42(2).
- Matela, K. S., Pillai, M. K., Matebesi-Ranthimo, P., & Ntakatsane, M. (2019). Analysis of proximate compositions and physiochemical properties of some yoghurt samples from Maseru, Lesotho. *Journal of Food Science and Nutrition*, 2(3), 245-252.
- Medina-López, S. V., Zuluaga-Domínguez, C. M., Fernández-Trujillo, J. P., & Hernández-Gómez, M. S. (2022). Nonconventional Hydrocolloids’ Technological and Functional Potential for Food Applications. *Foods*, 11(3). doi:10.3390/foods11030401
- Mendieta, R. Y. M. (2020). Análisis comparativo de macronutrientes entre el yogurt elaborado con extracto de *Lupinus Mutabilis* “Tarwi”, con el yogurt artesanal e industrializado.
- Mendoza, G. R. C., & Leyva, Y. H. L. (2023). Tarea de clasificación en el análisis sensorial de productos alimenticios: una revisión. *Journal of Neuroscience*, 3(1), 341-348.
- Mikami, T., & Tsutsui, S. (2019). Taro [*Colocasia esculenta* (L.) Schott] production in Japan: Present state, problems and prospects. *Acta agriculturae Slovenica*, 114(2). doi:10.14720/aas.2019.114.2.4
- Mikloskova, H., Witte, F., Joeres, E., & Terjung, N. (2021). Storage stability of plain stirred whole milk yoghurt (3.7% fat) packed in polylactic acid and polystyrene. *International Dairy Journal*, 120, 105088. doi:https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2021.105088
- Mileib Vasconcelos, C., Rodrigues Minim, V. P., & Paes Chaves, J. B. (2017). Yogur bajo en calorías añadido con harina de yacón: desarrollo y evaluación físico-química. *Revista chilena de nutrición*, 39(3), 65-71.

- Miyasaka, S. C., Bellinger, M. R., Kantar, M. B., Helmkampf, M., Wolfgruber, T., Paudel, R., & Shintaku, M. (2019). Genetic Diversity in Taro (*Colocasia esculenta*). In D. Nandwani (Ed.), *Genetic Diversity in Horticultural Plants* (pp. 191-215). Cham: Springer International Publishing.
- Moga, V. M. (2021). Comparison of the quality of three types of yogurt. The impact of tapioca powder on the characteristics of yogurt. *Management of Sustainable Development, 13*(1).
- 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. *International Research Journal of Biochemistry and Bioinformatics, 8*, 1-012. doi:10.14303/irjbb.2017.078
- Navarro, H. A. A., Guzmán, L., & Gonzales, M. E. (2018). Influencia de las zonas de crecimiento en la composición físico química del fruto de *Solanum betaceum* Cav. *Sociedad Química del Perú, 84*, 68-76.
- NTE INEN 9. (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/13.pdf>
- NTE INEN 488. (2014). Leche. Determinación del contenido de grasa. Butirómetros gerber Retrieved from https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas23/nte_inen_iso_488.pdf
- Obadi, M., & Xu, B. (2021). Review on the physicochemical properties, modifications, and applications of starches and its common modified forms used in noodle products. *Food Hydrocolloids, 112*, 106286. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106286>
- Ogusku, Q. G. E., Alves Baptista, A. T., Gomes, R. G., & Salcedo Vieira, A. M. (2021). Yogurt production added ultrafiltered seed extract of *Moringa oleifera*

Lam. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 37, 102159.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.bcab.2021.102159>

Otekunrin, O. A., Sawicka, B., Adeyonu, A. G., Otekunrin, O. A., & Rachoń, L. (2021). Cocoyam [*Colocasia esculenta* (L.) Schott]: Exploring the Production, Health and Trade Potentials in Sub-Saharan Africa. *Sustainability*, 13(8). doi:10.3390/su13084483

Panahi, S., Fernandez, M., Marette, A., & Tremblay, A. (2017). Yogurt, diet quality and lifestyle factors. *European journal of clinical nutrition*, 71(5), 573-579.

Paxton, N., Smolan, W., Böck, T., Melchels, F., Groll, J., & Jungst, T. (2017). Proposal to assess printability of bioinks for extrusion-based bioprinting and evaluation of rheological properties governing bioprintability. *Biofabrication*, 9(4), 044107.

Paz-Díaz, H. J., Mora-Vergara, L. Z., Navarro-Arana, C. E., Navarro, A. S., Pacheco-Valderrama, M. M. J. R. U. A., & Científica, D. (2021). Effect of process variables on the physicochemical and rheological properties of yogurt. *Actualidad & Divulgación Científica*, 24(1).

Peng, M., Tabashsum, Z., Anderson, M., Truong, A., Houser, A. K., Padilla, J., . . . Biswas, D. (2020). Effectiveness of probiotics, prebiotics, and prebiotic-like components in common functional foods. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 19(4), 1908-1933.

Perez-Chabela, M. d. L., Cebollon-Juarez, A., Bosquez-Molina, E., & Totosaus, A. (2021). Mango peel flour and potato peel flour as bioactive ingredients in the formulation of functional yogurt. *Food Science Technology*, 42.

Picon, C. Y. T. (2019). Beneficios y usos de leche de cabra y de vaca en la elaboración de diferentes tipos de yogurt.

Prajapati, R., Kalariya, M., Umbarkar, R., Parmar, S., & Sheth, N. (2011). *Colocasia esculenta*: A potent indigenous plant. *International Journal of Nutrition*,

Pharmacology, Neurological Diseases, 1(2), 90-96. doi:10.4103/2231-0738.84188

- Quispe, W., Ocaña, C., Rodriguez, C., Esenarro, D., & Arteaga, J. (2021). Fermented Drink of Whey Enriched with Different Portions of Tarwi (*Lupinus Mutabilis*). *International Journal of Food Engineering*, 7(1).
- Rashwan, A. K., Osman, A. I., & Chen, W. (2023). Natural nutraceuticals for enhancing yogurt properties: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 21(3), 1907-1931. doi:10.1007/s10311-023-01588-0
- Reyes, C., Macedo, Ramírez, & Vélez-Ruiz, J. F. (2015). Propiedades Fisicoquímicas y de Flujo de un Yogur Asentado Enriquecido con Microcápsulas que Contienen Ácidos Grasos Omega *Información tecnológica*, 26, 87-96.
- Ribeiro, P., Bertozzi de Aquino, É., Nitzsche, A. C., Afonso, M., & Margaret, V. (2021). Anticancer and Immunomodulatory Benefits of Taro (*Colocasia esculenta*) Corms, an Underexploited Tuber Crop. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(1). doi:10.3390/ijms22010265
- Romero-Espinoza, A. M., Serna-Saldivar, S. O., Vintimilla-Alvarez, M. C., Briones-García, M., & Lazo-Vélez, M. A. (2020). Effects of fermentation with probiotics on anti-nutritional factors and proximate composition of lupin (*Lupinus mutabilis* sweet). *Food Science and Technology*, 130, 109658. doi:https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109658
- Romero, A., Herrera, B., Moposita, D., Palacios, D., Núñez, D., Ramón, R., . . . Bayas, F. (2019). Compositional analysis of malanga (*Xanthosoma sagittifolium*), Chinese potato (*Colocasia esculenta*) and potato (*Solanum tuberosum*) for the utilization in the snack's elaboration by conventional fried. *Bionatura*, 4(4), 983-985. doi:10.21931/rb/2019.04.04.7
- Ruiz-López, M. A., Barrientos-Ramírez, L., García-López, P. M., Valdés-Miramontes, E. H., Zamora-Natera, J. F., Rodríguez-Macias, R., . . . Vargas-Radillo, J. J. (2019). Nutritional and Bioactive Compounds in Mexican Lupin Beans Species. *Nutrients*, 11(8). doi:10.3390/nu11081785

- Salazar, D., Arancibia, M., Ocaña, I., Rodríguez-Maecker, R., Bedón, M., López-Caballero, M. E., & Montero, M. P. (2021). Characterization and Technological Potential of Underutilized Ancestral Andean Crop Flours from Ecuador. *Agronomy*, *11*(9), 1693.
- Sánchez, M. 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”. (Maestría), Universidad Técnica de Ambato, Retrieved from <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/28254/1/08%20T.AL.pdf>
- Sansomchai, P., Sroynak, R., & Tikapunya, T. J. T. i. S. (2023). Powder Qualities of Foam-Mat Dried Mango. *20*(5), 5308-5308.
- Saraiva, A., Carrascosa, C., Raheem, D., Ramos, F., & Raposo, A. (2020). Natural sweeteners: The relevance of food naturalness for consumers, food security aspects, sustainability and health impacts. *International Journal of Environmental Research*, *17*(17), 6285.
- Shaheryar, M., Afzaal, M., Nosheen, F., Imran, A., Islam, F., Noreen, R., . . . Rasool, A. (2023). Functional exploration of taro starch (*Colocasia esculenta*) supplemented yogurt. *Food Science & Nutrition*, *11*(6), 2697-2707. doi:<https://doi.org/10.1002/fsn3.3358>
- Sharma, S., Jan, R., Kaur, R., & Riar, C. S. (2020). Taro (*Colocasia esculenta*). In *Antioxidants in Vegetables and Nuts - Properties and Health Benefits* (pp. 341-353).
- Silva, S. M. (2019). Estimación das propriedades termofísicas e análise do comportamento da viscosidade do doce de leite pastoso com adição de farinha de mesocarpo de pupunha.
- Statista. (2023). Yogurt - Worldwide. Retrieved from <https://www.statista.com/outlook/cmo/food/dairy-products-eggs/yogurt/worldwide>

- Sudhakar, P., Thenmozhi, V., Srivignesh, S., & Dhanalakshmi, M. J. P. (2020). *Colocasia esculenta* (L.) Schott: Pharmacognostic and pharmacological review. *9*, 1382-1386.
- Suwannaphan, S. (2022). Quality evaluation of non-fat goat milk yogurt supplemented with purple sweet potato flour. *International Food Research Journal*, *29*(6), 1419-1428.
- Tadele, Z. (2019). Orphan crops: their importance and the urgency of improvement. *Plants*, *250*(3), 677-694. doi:10.1007/s00425-019-03210-6
- Tapia, M. E. (2015). El tarwi, lupino andino. 1-108.
- Tosif, M. M., Najda, A., Klepacka, J., Bains, A., Chawla, P., Kumar, A., . . . Kaushik, R. (2022). A Concise Review on Taro Mucilage: Extraction Techniques, Chemical Composition, Characterization, Applications, and Health Attributes. *Polymers*, *14*(6). doi:10.3390/polym14061163
- Tremblay, A., & Panahi, S. (2017). Yogurt Consumption as a Signature of a Healthy Diet and Lifestyle. *The Journal of Nutrition*, *147*(7), 1476S-1480S. doi:10.3945/jn.116.245522 %J The Journal of Nutrition
- USDA. (2023). Cheese and yogurt popularity grew over last four decades. Retrieved from <https://www.ers.usda.gov/data-products/chart-gallery/gallery/chart-detail/?chartId=105777>
- Valverde, A., Gonzalez, A., & Rodero, E. (2023). Utilization of Cooked Cassava and Taro as Alternative Feed in Enhancing Pig Production in Ecuadorian Backyard System. *Animals*, *13*(3). doi:10.3390/ani13030356
- Vera, J. C. (2022). *Elaboración de bebida tipo yogur a base de leche de vaca y leche de arroz (Oryza sativa) enriquecido con harina de cáscara de chocho (Lupinus mutabilis) como fuente de calcio y fibra y edulcorado con yacón (Smallanthus sonchifolius)*. Universidad Agraria del Ecuador
- Vieira, E. D. F., Styles, D., Sousa, S., Santos, C., Gil, A. M., Gomes, A. M., & Vasconcelos, M. W. (2022). Nutritional, rheological, sensory characteristics

and environmental impact of a yogurt-like dairy drink for children enriched with lupin flour. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 30, 100617. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2022.100617>

Vieira, N., Silva, M. A. P. d., Martins, Y., Souza, D., Lima, M., Plácido, G. R., & Caliari, M. (2015). Physicochemical and sensory profile of yogurt added with passion fruit peel flour. *African journal of biotechnology*, 14(2), 149-155.

Villacrés, E., Quelal, M. B., Fernández, E., García, G., Cueva, G., & Rosell, C. M. (2020). Impact of debittering and fermentation processes on the antinutritional and antioxidant compounds in *Lupinus mutabilis* sweet. *Food Science and Technology*, 131, 109745. doi:<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109745>

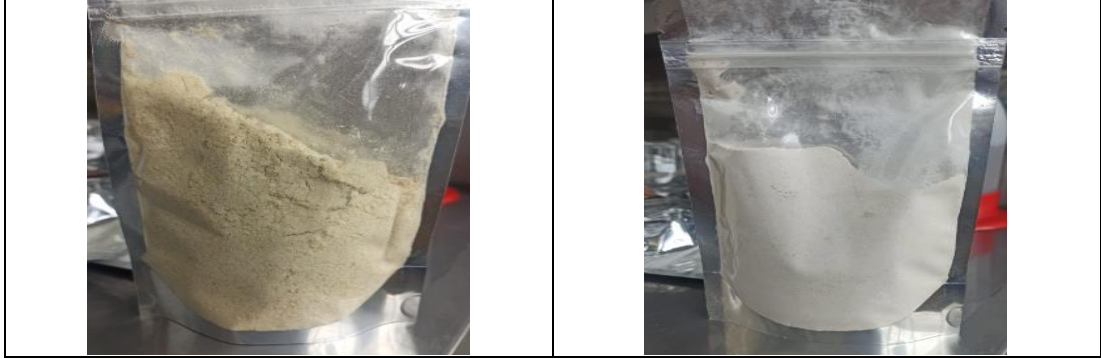
Zare, F., Boye, J. I., Orsat, V., Champagne, C., & Simpson, B. K. (2011). Microbial, physical and sensory properties of yogurt supplemented with lentil flour. *Food Research International*, 44(8), 2482-2488. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.01.002>

Zierer, W., Rüscher, D., Sonnewald, U., & Sonnewald, S. (2021). Tuber and Tuberous Root Development. *Annual Review of Plant Biology*, 72(1), 551-580. doi:[10.1146/annurev-arplant-080720-084456](https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-080720-084456)

Zubair, M. W., Imran, A., Islam, F., Afzaal, M., Saeed, F., Zahra, S. M., . . . Awuchi, C. G. (2023). Functional profile and encapsulating properties of *Colocasia esculenta* (Taro). *Food Science & Nutrition*, n/a(n/a). doi:<https://doi.org/10.1002/fsn3.3357>

ANEXOS

Anexo 1. Obtención de las harinas de cultivos andinos de papa china (*Colocasia esculenta*) y chocho (*Lupinus mutabilis*)



Anexo 2. Elaboración de yogur con cultivos andinos



Anexo 3. Análisis del yogur control (sin adición de harina), yogur con harina de papa china y chocho



Anexo 4. Hoja de cata

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”

Nombre: _____ **Fecha:** _____

Instrucciones:

- Se le entregara 3 muestras, cada identificada como muestra 1-2-3
- Pruebe la muestra e identifique su nivel de agrado y marque con una X la opción que usted considera. Considerando que 5 es el mayor puntaje y 1 el menor puntaje.
- Luego de consumir cada muestra, por favor mastique un trazo de galleta y tome un sorbo de agua para poder limpiar su paladar, y continúe con la siguiente muestra.

Característica	Alternativa	Muestras		
		Muestra 1 YEC001	Muestra 2 YEC002P	Muestra 3 YEC003C
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 5. Resultados LACONAL



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

CERTIFICADO DE ANALISIS DE LABORATORIO

01004

Certificado No: 23-077		RO: 1401
Solicitud N°: 23-077		Pág. 1 de 1
Fecha recepción: 17 de Mayo de 2023	Fecha de ejecución de ensayos: 18 al 23 de Mayo de 2023	
Información del cliente:		
Empresa:	C.I./RUC: 1805309802	
Representante: ANA MANOTOA	TIF: 0995885436	
Dirección: AMBATO	E mail: amanotoa9802@uta.edu.ec	
Ciudad: AMBATO		
Descripción de las muestras:		
Producto: Yogur entero con harina de chocho; Yogur entero con harina de papa china	Peso:	200g cada muestra
Marca comercial: n/a	Tipo de envase:	Envase plástico
Lote: n/a	No de muestras:	dos
F. Elb.: n/a	F. Exp.:	N/A
Conservación: Ambiente: Refrigeración: X Congelación:	Almac. en Lab:	30 días
Cierres seguridad: Ninguno: X Intactos: Rotos:	Muestreo por el cliente:	15 de Mayo de 2023

RESULTADOS OBTENIDOS

Muestras	Código del laboratorio	Código cliente	Ensayos solicitados/Técnica	Métodos utilizados	Unidades	Resultados
Yogur entero con harina de chocho	07723169	Ninguna	Proteína, Kjeldhal	AOAC 991.2 Ed 21, 2019	% (Nx6,25)	3,66
			Grasa, Gravimetría	AOAC Ed 21, 2019 2003.06	%	4,04
			Fibra dietética total, Gravimétrico-Enzimática	AOAC 985.29 Ed 21, 2019	%	2,17
Yogur entero con harina de papa china	07723170	Ninguna	Proteína, Kjeldhal	AOAC 991.2 Ed 21, 2019	% (Nx6,25)	3,19
			Grasa, Gravimetría	AOAC Ed-21, 2019 2003.06	%	3,87
			Fibra dietética total, Gravimétrico-Enzimática	AOAC 985.29 Ed 21, 2019	%	2,38

Conds. Ambientales: 21,2°C; 54,0%HR

Ing. Gladys Risueño
Directora de Calidad

Autorización para transferencia electrónica de resultados: Si

Fecha de emisión del certificado: 31 de Mayo de 2023

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

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

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



Dir. Universidad Técnica de Ambato, Campus Huachi, Av. Los Chacquis y Rio Bayamino
Edificio Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología / Ambato - Ecuador
(593) 3240098 ext. 5517; 5518 <http://laconal.uta.edu.ec> laconal@uta.edu.ec