UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA

CARRERA DE ALIMENTOS

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

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: Lisbeth Abigail Luisa Jerés

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, autoriza la presentación de este Trabajo de titulación bajo la Modalidad Proyecto de Investigación, el mismo que responde a las normas establecidas en el Reglamento de la Títulos y Grados de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

Ambato, 24 de Julio del 2023

Ing. Diego Manolo Salazar Garcés Ph.D

C.I. 1803124294

TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Lisbeth Abigail Luisa Jerés, manifiesto que los resultados obtenidos en el presente Trabajo de titulación, modalidad Proyecto de Investigación, previo a la obtención del título de Ingeniero en Alimentos, son absolutamente originales, auténticos y personales; a excepción de las citas bibliográficas.

Lisbeth Abigail Luisa Jerés

C.I. 1805278361

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que considere el presente Trabajo de titulación o parte de él un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la institución.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de 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.

Lisbeth Abigail Luisa Jerés

C.I. 1805278361

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 constancia firman:

Firmado electrónicamente por:
FREDDY GEOVANNY DEL POZO LEON

Presidente del Tribunal

Firmado electrónicamente por:
MANOELLA ALEJANDRA SANCHEZ GARNICA

Mg. Alejandra Sánchez Garnica
C.I. 0604079871

Firmado electrónicamente por:
ESTEBAN MAURICIO FUENTES PEREZ

Dr. Esteban Fuentes Pérez
C.I. 1803321502

Ambato, 22 de agosto de 2023

DEDICATORIA

Mi tesis va dedicada a Dios y a la Virgen por brindarme salud, sabiduría, paciencia y fortaleza para culminar mi carrera profesional.

A mis padres Jorge y Gloria con todo mi amor y cariño, por vuestro sacrificio y esfuerzo, por darme una carrera para mi futuro y por creer en mi capacidad, aunque hemos pasado momentos difíciles siempre han estado brindándome su comprensión, cariño y amor.

A mis hermanitas Paola y Berenice por ser mi fuente de inspiración para poder superarme cada día.

A mis angelitos del cielo, los llevo en mi corazón.

AGRADECIMIENTO

El principal agradecimiento a Dios y a la Virgen de Baños de Agua Santa por guiarme en el camino, por ser mi fortaleza y mi refugio en todos los momentos para cumplir un logro más en mi vida y por regalarme una familia unida que me han brindado su apoyo siempre. A mis padres Jorge y Gloria quienes han sido mi pilar fundamental y mi apoyo incondicional en mi formación académica, quienes me han inculcado valores, principios, perseverancia, empeño y enseñarme a ser muy fuerte y enfrentarme a las adversidades de la vida. Los amo mucho.

A mis hermanitas Paola y Berenice por regalarme su paciencia, fidelidad, cariño y apoyo en los momentos difíciles. A mis angelitos del cielo, abuelitos maternos, gracias por cuidarme, los tengo en mi corazón. A mis abuelitos paternos por regalarme sus palabras de aliento.

A la Universidad Técnica de Ambato y a la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología por abrirme las puertas y brindarme la oportunidad de forjarme académica y profesionalmente. A mi tutor Ing. Diego Salazar por su paciencia y dedicación que tuvo para la elaboración de mi tesis dentro del G+Biofood and Engineering research group.

A mi familia por su compresión y estímulo constante, a mis amigos gracias por los momentos de alegrías y tristezas en mi vida universitaria. Y a todos mis compañeros/as por el apoyo incondicional.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR ii

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN iii

DERECHOS DE AUTOR iv

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO v

DEDICATORIA vi

AGRADECIMIENTO vii

RESUMEN EJECUTIVO xv

ABSTRACT xvi

CAPÍTULO I 1

MARCO TEÓRICO 1

1.1. Antecedentes investigativos 1

1.1.1. Producción y consumo de yogur 1

1.1.2. Tipos de yogur 2

1.1.3. Yogur desnatado 3

1.1.6. Papa china (*Colocasia esculenta*) 8

1.2. Objetivos 12

1.2.1. Objetivo general 12

1.2.2. Objetivos Específicos 12

CAPÍTULO II 13

METODOLOGÍA 13

2.1 Materiales 13

Obtención y preparación de la leche 13

2.2 Método 13

2.2.1 Establecimiento de la concentración óptima de harinas de cultivos andinos para la elaboración de yogur desnatado. 13

2.2.2 Determinación de las propiedades fisicoquímicas, composición proximal y propiedades reológicas del yogur desnatado. 14

pH 14

Acidez titulable 14

Humedad 15

Cenizas 16

Grasa 16

Fibra 17

Proteína 17

Carbohidratos totales 18

Viscosidad 19

Consistencia 19

Color 19

2.2.3 Evaluación de la calidad sensorial del yogur desnatado 19

2.2.4 Análisis estadístico 19

2.2.5 Hipótesis 20

CAPÍTULO III 21

RESULTADOS Y DISCUSIÓN 21

3.1. Concentración óptima de harinas de cultivos andinos en el yogur 21

Análisis preliminares 21

Concentración óptima de harinas 21

3.2. Evaluación de la composición proximal del yogur 22

3.3 Parámetros reológicos 25

Viscosidad aparente **25**

Consistencia **28**

3.4. Análisis fisicoquímico **29**

Estabilidad de pH, acidez y color **29**

3.5. Análisis sensorial **36**

3.6. Verificación de hipótesis **37**

CAPÍTULO IV **38**

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES **38**

4.1. Conclusiones **38**

4.2. Recomendaciones **39**

MATERIALES DE REFERENCIA **40**

ANEXOS **50**

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición proximal de chocho variedad Lupinus mutabilis. 6
Tabla 2. Composición de aminoácidos de la fracción proteica de semillas de chocho (g aminoácidos/16 g N) 8
Tabla 3. Composición proximal y contenido de minerales de las raíces de papa china (Colocasia esculenta) 10
Tabla 4. Parámetros fisicoquímicos de la leche desnatada 21
Tabla 5. Evaluación cualitativa de yogur con adición de papa china y chocho 22
Tabla 6. Composición proximal y contenido calórico del yogur elaborado con harina de chocho y papa china. 25
Tabla 7. Ecuación y coeficiente de correlación de la viscosidad de las muestras de yogur control y yogur con harina de papa china y chocho al 0,9 % de adición. 27
Tabla 8. Consistencia de las muestras de yogur control y yogur con harina de papa china y chocho al 0,9 % de adición. 28

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Variedades de Lupinus mutabilis 5

Figura 2. Papa china (Colocasia esculenta) 9

Figura 3. Viscosidad (mPa·s) vs. velocidad de deformación (1/s) de los yogures control y con 0,9% de adición de harinas de papa china y chocho. 27

Figura 4. pH a través del tiempo (días). Los resultados son la media ± desviación estándar. Anova de doble vía. Las letras (a, b, c, d) muestran diferencias significativas para cada yogur en los diferentes días de almacenamiento ($p \leq 0,05$). Las letras (x, y, z) muestran diferencias significativas entre los yogures en el mismo periodo de almacenamiento ($p \leq 0,05$).....30

Figura 5. % De ácido láctico a través del tiempo (días). Los resultados son la media ± desviación estándar. Anova de doble vía. Las letras (a, b, c, d) muestran diferencias significativas para cada yogur en los diferentes días de almacenamiento ($p \leq 0,05$). Las letras (x, y, z) muestran diferencias significativas entre los yogures en el mismo periodo de almacenamiento ($p \leq 0,05$).....31

Figura 6. L* a través del tiempo (días). Los resultados son la media ± desviación estándar. Anova de doble vía: Las letras (a, b) muestran diferencias significativas para cada yogur en los diferentes días de almacenamiento ($p \leq 0,05$). Las letras (x, y, z) muestran diferencias significativas entre los yogures en el mismo periodo de almacenamiento ($p \leq 0,05$). 33

Figura 7. a* a través del tiempo (días). Los resultados son la media ± desviación estándar. Anova de doble vía: Las letras (a, b, c) muestran diferencias significativas para cada yogur en los diferentes días de almacenamiento ($p \leq 0,05$). Las letras (x, y, z) muestran diferencias significativas entre los yogures en el mismo periodo de almacenamiento ($p \leq 0,05$). 34

Figura 8. b* a través del tiempo (días). Los resultados son la media ± desviación estándar. Anova de doble vía: Las letras (a, b) muestran diferencias significativas para cada yogur en los diferentes días de almacenamiento ($p \leq 0,05$). Las letras (x, y, z) muestran diferencias significativas entre los yogures en el mismo periodo de almacenamiento ($p \leq 0,05$). 35

Figura 9. Perfil sensorial del yogur desnatado con adición de harinas de papa china y chocho al 0,9% de adición y el yogur control. 37

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Elaboración del yogur desnatado con adición del 0.9 % de harinas de cultivos andinos. 50
Anexo B. Productos finales: yogur con harina de papa china y yogur con harina de chocho. 50
Anexo C. Determinación de viscosidad (A) y consistencia (B) en los yogures suplementados con harinas de cultivos andinos. 51
Anexo D. Hoja de Cata para el yogur control y con adición de harinas. 52
Anexo E. Resultados LACONAL con adición de harinas.....53
Anexo F. Resultados LACONAL, yogur control. 54

RESUMEN EJECUTIVO

El desarrollo de productos bajos en grasa genera problemas en sus propiedades tecnológicas por lo que es necesario utilizar estabilizadores que mejoren la textura y las propiedades sensoriales del producto. En la actualidad el uso de materias primas no convencionales como frutas, vegetales y cultivos andinos se ha extendido debido a las propiedades nutritivas que aporta a los productos.

En el presente trabajo se evaluó el uso de las harinas de papa china (*Colocasia esculenta*) y chocho (*Lupinus mutabilis*) para elaborar yogures con una buena capacidad de formación del gel, con sinéresis nula y buena viscosidad. Los resultados mostraron que las adiciones de las harinas a una concentración del 0,9 por ciento permiten obtener los mejores atributos. Su adición favorece la producción de ácido láctico y se obtuvo una bebida con pH de 4,06 y 4,07 a los 21 días de almacenamiento. Respecto a su composición proximal se observan yogures con valores adecuados de humedad, proteínas, grasa, carbohidratos, fibra, cenizas, actividad de agua y calorías.

Dentro del estudio se destaca la capacidad de la harina de papa china para aumentar la viscosidad del yogur y alcanzar una consistencia más espesa, mejorando así la textura del producto y ayudando a que este sea considerado aceptable por el consumidor. Por otro lado, la adición de harina de chocho aporta un alto contenido de proteína al yogur, no obstante, el contenido remanente de alcaloides en la harina genera que el sabor del yogur sea ligeramente amargo y sea poco aceptado por los consumidores.

Palabras claves: leche, yogur, cultivos andinos, papa china, tubérculos andinos, chocho, productos lácteos

ABSTRACT

The development of low-fat products generates problems in their technological properties, so it is necessary to use stabilizers that improve the texture and sensory properties of the product. Currently, the use of unconventional raw materials such as fruits, vegetables and Andean crops has spread due to the nutritional properties it provides to the products.

In the present work, the use of Chinese potato (*Colocasia esculenta*) and lupine (*Lupinus mutabilis*) flours was evaluated to prepare yogurts with good gel-forming capacity, with no syneresis and good viscosity. The results showed that the additions of the flours at a concentration of 0.9 percent allow obtaining the best attributes. Its addition favors the production of lactic acid and a drink with a pH of 4.06 and 4.07 was obtained after 21 days of storage. Regarding its close composition, yogurts with adequate values of moisture, protein, fat, frozen, fiber, ash, water activity and calories are observed.

The study highlights the ability of Chinese potato flour to increase the viscosity of the yogurt and achieve a thicker consistency, thus improving the texture of the product and helping it to be considered acceptable by the consumer. On the other hand, the addition of lupine flour provides a high protein content to the yogurt, however, the remaining content of alkaloids in the flour makes the yogurt taste slightly bitter and is not widely accepted by consumers.

Keywords: milk, yogurt, Andean crops, Chinese potatoes, Andean tubers, lupine, dairy products

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes investigativos

1.1.1. Producción y consumo de yogur

El yogur es el resultado del proceso homofermentativo llevado a cabo por bacterias ácido lácticas (BAL), principalmente *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*, el yogur en la actualidad forma parte de la lista de alimentos considerados saludables debido a su aporte nutricional entre los que destacan una diversidad de micronutrientes como calcio (Ca), sodio (Na), fósforo (P), magnesio (Mg), zinc (Zn), yodo (I), potasio (K), y una variedad de vitaminas como vitamina A, vitamina D, vitaminas del complejo B, especialmente B_2, B_3 y B_{12} (Barkhidarian, Roldos, Iskandar, Saedisomeolia, y Kubow, 2021; Das, Choudhary, y Thompson-Witrick, 2019).

El yogur en el mercado global se valoró que en el año 2021 alcanzaría un valor de 1,618.777 millones de dólares y mostraría un crecimiento del 22,81 % y se estima que para el año 2028 alcanzaría los 6,8 billones de dólares. Además, se espera que el mercado crezca a un ritmo constante gracias a las nuevas tendencias de alimentación, las cuales se enfocan en productos alternativos de origen vegetal (Newswire, 2023). En lo que respecta al mercado latinoamericano se estima que la producción crezca un 3,80 % durante el período 2023 - 2028, dado que el mercado alcanzó un valor de 2,51 mil millones de dólares en 2021, siendo Brasil el país el cual domina el mercado del yogur en América Latina con productos como yogur firme, griego, bebible, congelado, y otros (EMR, 2023). En Ecuador se produce un total de 5,7 millones de litros de leche cada día y el consumo per cápita alcanza los 105 litros al año (Fundación Heifer, 2018-2021). En la producción del yogur únicamente el 12 % de la leche obtenida se destina a esta industria y posee un consumo per cápita de 5,6 litros al año (Zambrano, 2021), logrando con ello ingresos que ascienden a 330 millones de dólares en el 2023 con una proyección de crecimiento de 2,7 % anual en el periodo 2023-2028 (R. C. Chandan, Gandhi, y Shah, 2017).

1.1.2. Tipos de yogur

El yogur es considerado un producto lácteo nutritivo y saludable muy consumido en todo el mundo y producido a través de la fermentación ácido láctica de la leche. En el proceso de obtención de este producto es necesario contar con un cultivo iniciador estándar con base a *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus delbrueckii subespecie bulgaricus*, que son esenciales para la acidificación de la leche y, en consecuencia, para la generación del sabor y aroma característico del yogur (M. A. Farag, H. A. Saleh, S. El Ahmady, y M. M. J. F. R. I. Elmassry, 2022). Por otro lado, en Ecuador se producen diferente tipos de yogur, entre los que destacan el yogur natural con ausencia de saborizantes, edulcorantes y frutas, el yogur azucarado que contiene saborizantes como la sacarina y sucralosa, yogur pasteurizado al cual se le ha eliminado los microorganismos patógenos mediante un tratamiento térmico, el yogur frutado al cuál se le adiciona frutas, zumos y otros productos naturales y el yogur descremado o desnatado con un porcentaje de grasa menor al 1 % (Santillan y Sandoval M, 2021).

Las diferencias en la composición del yogur han generado cambios en sus características y propiedades como la textura, la cual puede ser más o menos consistente y cremosa comparada con el yogur natural (Uduwerella, Chandrapala, y Vasiljevic, 2018). De la misma forma, la adición de componentes como los prebióticos puede generar cambios en las propiedades reológicas del yogur como mejorar las interacciones entre los diferentes componentes, así como alterar el perfil de compuestos volátiles, las cuáles influirán directamente en la percepción sensorial del producto (Nguyen, Afsar, y Day, 2018). Por otro lado, en los últimos años la industria del yogur se ha orientado a elaborar yogures considerados naturales, enfocados a mejorar la salud del consumidor, este tipo de yogures se caracterizan por ser suplementados con vitaminas, almidones, sustitutos de grasa, sustitutos de leche, entre otros, mostrando así un contenido alto en nutrientes como proteínas, péptidos, lípidos específicos, vitamina D, calcio, magnesio, potasio y otros que han mostrado efectos beneficiosos para tratar enfermedades cardiometabólicas (Marette y Picard-Deland, 2014).

1.1.3. Yogur desnatado

De los diferentes tipos de yogures destaca el yogur desnatado dado que posee un porcentaje reducido de grasas, en este sentido se ha estudiado que el componente graso podría estar asociado a enfermedades como obesidad, presión arterial elevada, enfermedades cardíacas y algunos tipos de cáncer; motivo por el cual, la demanda de este producto ha aumentado en los últimos años (Olivares, Shahrivar, y de Vicente, 2019). A pesar de los beneficios que puede presentar este producto, la reducción del contenido de grasa afecta el sabor, textura, estructura del gel y provoca la reducción de los sólidos totales del yogur, lo que genera una consistencia débil y textura deficiente, formándose geles débiles, con separación de fases y sinéresis (Laiho, Williams, Poelman, Appelqvist, y Logan, 2017).

En la actualidad, tomando en consideración los defectos que se puede obtener en el yogur desnatado se ha optado por la adición de miméticos o sustitutos de grasas como harinas, almidones, fibras, carbohidratos, proteínas, con el fin de mejorar las propiedades de este tipo de yogur, entre las sustancias más utilizadas como sustituto de la grasa se han usado inulina, goma de tragacanto, glucomanano, entre otros (Kim, Hyeonbin, Lee, y Kim, 2020). Por otro lado, la adición de ingredientes como el sorgo, arroz integral, lentejas negras beluga, frijoles negros, bayas, manzanas, uva, azufaifo, granada, nueces, zanahoria, remolacha, coliflor, papa morada, cúrcuma, canela, salmón, sardinas y otros han mejorado las propiedades del yogur como color, pH, acidez, capacidad de retención de agua, sinéresis, viscosidad, textura, grasas y sabor, y actividades biológicas comprendidas entre antioxidantes, antidiabéticos, antiobesidad, antiinflamatorios, cardioprotectores, antibacterianos y anticancerígenos (Rashwan, Osman, y Chen, 2023).

Una tendencia creciente ha sido la producción de yogur desnatado suplementado o enriquecido con harinas de cultivos andinos, los cuales han sido una fuente primaria de alimentos para la población indígena de países ubicados a lo largo de la Cordillera de los Andes, debido principalmente a sus propiedades nutricionales (Fuentes et al., 2019); es así como, se han elaborado yogures desnatados fortificados con harinas de linaza (Foutohi y Manafi Dizaj Yekan, 2021), harina de cáñamo (Montemurro, Verni, Rizzello, y

Pontonio, 2023), harina de melloco (LV, HJ, ÁE, Salazar, y Development, 2022), harina de garbanzos (Chen, 2016), harina de camote (El-Attar, El-Hoda Ahmed, El-Soda, y M. Zaki, 2022), entre otros; mostrando así, yogures desnatados con buenas propiedades sensoriales, fisicoquímicas y buen aporte nutricional.

1.1.4. Cultivos andinos

Los cultivos andinos son productos con más de 7000 mil años de historia, que han sido cultivados en la zona andina de América del sur, dos de los cultivos más importantes son el maíz y las papas, seguido de cultivos como la quinua, maca, amaranto, entre otros (Wells, 2022). El interés por este tipo de cultivos ha aumentado con los últimos años gracias a su valor nutricional y a la sostenibilidad que supone su producción (Gotor, Bellon, Polar, y Caracciolo, 2017). Respecto a la producción se destaca la fertilidad de la tierra, la variación del clima que va desde tropical a polar y la altitud de 1500 a 4200 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.), factores que intervienen para la obtención de hasta 70 especies diferentes, entre raíces, granos, legumbres, hortalizas, frutas y nueces (Repo-Carrasco-Valencia, 2020).

Por otro lado, estos cultivos son una buena fuente de proteínas de alta calidad, fibra dietética y aceites con ácidos grasos insaturados que ayudan a reducir el riesgo de enfermedades y prevenir padecimientos como la diabetes o enfermedades cardiovasculares; además, estos cultivos poseen metabolitos secundarios como antioxidantes y compuestos fenólicos (Bravo, Alzate, Osorio, y Products, 2016). No obstante, la importancia de estos cultivos radica en que constituyen fuentes de energía tradicionales básicas para la seguridad alimentaria en la región (Leidi et al., 2018).

1.1.5. Chocho (*Lupinus mutabilis*)

El chocho (*Lupinus mutabilis*) (Figura 1) es una leguminosa originaria de los Andes conocida como lupino y altramuz en español; tarwi y tarui en quechua y lupino en francés (Cordero-Clavijo et al., 2021). En la sierra ecuatoriana esta leguminosa se cultiva en áreas secas y arenosas, aunque tiene capacidad para soportar climas templados y fríos con

temperaturas entre 7 °C y 14 °C a una altitud de 2600 a 3400 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.) (C. Caicedo, Murillo, Pinzón, Peralta, y Rivera, 2010).

Lupinus mutabilis pertenece a la división *Magnoliophyta,* clase *Magnoliopsida,* orden *Fabales*, familia *Fabaceae*, subfamilia *Papilonoideae*, siendo el género *Lupinus*, el más abundante de la familia. Tiene hojas digitadas compuestas por ocho folíolos, sus flores miden de 1 a 2 cm y el color varía del azul claro al intenso, aunque también hay flores blancas, cremosas y rosadas, en menor proporción (Chirinos-Arias, 2015). Por otro lado, su raíz puede extenderse hasta 45 a 50 cm de profundidad, y tiene la capacidad de formar nódulos (1 a 3 cm) gracias a un proceso de simbiosis con bacterias nitrificantes (*Rhizobium lupini*). Respecto a la forma de la vaina es elíptica y oblonga de 6 a 12 cm de largo por 1,5 a 2,3 cm de ancho con extremos agudos que puede contener de 1 a 8 semillas elipsoidales a lenticulares que miden de 0,5 a 1,5 cm con colores que varían entre blanco, amarillo, gris, ocre, castaño, marrón, jaspeados, marmoleados, media luna, ceja y salpicados (Zavaleta, 2018).

Figura 1. Variedades de *Lupinus mutabilis*

Fuente: (F Carvajal-Larenas, 2013).

Nutricionalmente, el chocho (*Lupinus mutabilis*) se caracteriza por la mayor calidad de grano de todos los lupinos cultivados, con un alto porcentaje de aceites y proteínas, sin embargo, el grano posee un alto porcentaje de alcaloides, lo cual es considerado como una

desventaja en la calidad de la semilla (Caligari et al., 2000). A pesar de ello, los chochos son una fuente indiscutible de proteína y grasa de alto valor biológico, motivo por el cual son usados en la producción de diversos alimentos, entre los que destacan leche de chocho (Hickisch, Beer, Vogel, y Toelstede, 2016), bebidas fermentables (Parra-Gallardo, Quimbiulco-Sánchez, Salas-Sanjuán, del Moral, y Valenzuela, 2023), pre-mezcla para galletas (Laguna y Sifuentes, 2019), helados de mora, maracuyá y naranjilla con base de chocho, chochos con chocolate (Quispe, Ocaña, Rodriguez, Esenarro, y Arteaga, 2021), además de su uso en ensaladas, sopas, hamburguesas y alimento para bebés (Paucar Apugllón, 2013). En la Tabla 1 se muestra la composición química de esta leguminosa.

Tabla 1. Composición proximal de chocho variedad *Lupinus mutabilis*.

Componente	**Semillas de *Lupinus mutabilis***
Contenido de agua (%)	11,73 ± 0,59
Materia seca (%)	88,27 ± 0,59
Proteína total (% materia seca m.s.)	44,70 ± 0,05
Grasa (% m.s.)	15,4± 20,25
Contenido de oligosacáridos (g/kg m.s.)	
Sacarosa	12,1 ± 0,7 (29,2 %)
Rafinosa	8,9 ± 0,2 (21, 4%)
Estaquiosa	20,5 ± 0,8 (49,4 %)
Verbascosa	
Total	41,5±0,3
Contenido de tocoferoles (mg/kg m.s.)	
α-T	2,0 ± 0,2 (1,2 %)
γ-T	170, 6± 2,8 (98,2 %)
Total-T	172,6 ± 2,9
Contenido de carotenoides (mg/kg m.s.)	
Violaxantina	0,24±0,01 (5,3 %)
Luteína	3,30 ± 0,04 (73,2 %)
Zeaxantina	0,71 ± 0,01 (15,7 %)

Componente	Semillas de *Lupinus mutabilis*
α-caroteno	0,05±0,02 (1,1 %)
β-caroteno	0,21 ± 0,02 (4,7 %)
Total	4,51 ± 0,05

Fuente: (Czubinski, Grygier, y Siger, 2021)

Entre las proteínas que se encuentra en el chocho están las albúminas, la β-conglutina, α-conglutina y γ-conglutina que poseen buenas propiedades tecno-funcionales como la capacidad de absorber aceite, capacidad emulsionante, estabilidad de la espuma y propiedades gelificantes; por otro lado, la fracción grasa está compuesta por ácidos grasos insaturados (80 %), especialmente, el ácido oleico y linoleico. Es importante mencionar que *Lupinus mutabilis* también es una fuente rica de macro y micronutrientes entre los que destacan el potasio (1130–1400 mg/100 g en base seca), fósforo (600–880 mg/100 g en base seca), magnesio (240–330 mg/100 g en base seca), calcio (120–180 mg/100 g en base seca), hierro (5,0–7,3 mg/100 g en base seca) y zinc (3,4–3,6 mg/100 g en base seca) (Fe Carvajal-Larenas et al., 2016). Respecto al contenido de vitaminas se encontró la presencia de γ-tocoferol (10,3 mg/100 g de peso de semilla) y vitamina E (1,03 mg/100 g) de semillas (Campos, Chirinos, Ranilla, y Pedreschi, 2018).

El contenido de alcaloides baja la calidad del chocho, causando que no sea posible su uso para la alimentación sin antes haberse realizado un proceso de "desamargado". El proceso de desamargado lleva varios días con el fin de reducir su contenido a un límite aceptable, que va desde 2,56 (g/100g) al 4,14 (g/100g). Entre los alcaloides presentes en el chocho se encuentra la lupanina, alcaloide principal (80 %), acompañado de 4-hidroxilupanina, 13-hidroxilupanina y esparteína en menor cantidad. Por otro lado, el proceso de desamargado si bien reduce el contenido de alcaloides, este afecta la composición química del chocho, especialmente su contenido de aminoácidos esenciales, en la Tabla 2 se observa las diferencias entre las concentraciones de aminoácidos de diferentes procesos de chocho (Suca y Suca, 2015).

Tabla 2. Composición de aminoácidos de la fracción proteica de semillas de chocho (g aminoácidos/16 g N)

Aminoácidos	Semillas de *Lupinus mutabilis*		Referencia FAO
	Cocidas y desamargadas	Crudas	
Isoleucina	5,3	4,8	4,0
Leucina	7,9	7,0	7,0
Lisina	5,6	5,9	5,5
Metionina	0,5	0,4	2,0
Cisteína	1,4	1,2	
Met+Cys	1,9	1,6	3,5
Fenilalanina	4,2	4,3	
Tirosina	3,9	3,6	
Phe.Tyr	8,1	7,9	6,0
Treonina	3,6	3,8	4,0
Triptófano	0,7	0,7	1,0
Valina	4,5	4,2	5,0

Fuente: (Suca y Suca, 2015)

1.1.6. Papa china (*Colocasia esculenta*)

La papa china (*Colocasia esculenta*) conocida como taro es un importante cultivo andino, es cultivado por sus bulbos amiláceos o tallo subterráneo, es considerado uno de los cultivos alimentarios más antiguos (Rashmi et al., 2018). Es una planta monocotiledónea herbácea de 1 a 2 metros de altura, su planta está formado por un cormo central (debajo de la superficie del suelo) que hace que las hojas crezcan hacia arriba, las raíces crezcan hacía abajo y los cormos hijos y los estolones crezcan lateralmente. Su sistema de raíces es fibroso y se encuentra principalmente a una profundidad de hasta un metro del suelo (Figura 2) (Onyeka y Bananas, 2014). Se cultivan en climas cálidos-húmedos, con temperaturas que oscilan entre los 15 °C y 35 °C y altitudes de 0 a 1000 metros, se desarrolla mejor en suelos-limosos con alto contenido de materia orgánica como ríos o

zonas propensas a inundación; es capaz de crecer en suelos arcillosos, aunque, si no existe disponibilidad de agua su cultivo se ve afectado (Mazariegos-Sánchez, 2017).

Figura 2. Papa china *(Colocasia esculenta)*

Fuente: (Gabur y Simioniuc, 2023)

La papa china pertenece a la división *Magnoliophyta*, clase *Liliopsida*, orden *Alismatales*, familia *Araceae*. *C. esculenta* en donde se cultiva y consume ampliamente se reconocen dos especies: *C. esculenta* variedad esculenta conocida como dasheen y *C. esculenta* variedad antiquorum denominada eddoe, ambas se diferencian por el tamaño dado que la variedad dasheen posee cormos centrales grandes, con chupones y/o estolones, mientras que los eddoes tienen un cormo central algo pequeño y una gran cantidad de cormos más pequeños (Figura 2) (Otekunrin, Sawicka, Adeyonu, Otekunrin, y Rachoń, 2021).

Los bulbos frescos de la papa china son ricos en almidón y pueden asarse, hornearse, hervirse, cocerse al vapor, freírse, procesarse en puré, porciones enlatadas, harinas, bebidas, chips y hojuelas. Además, tanto sus hojas, pecíolos, estolones e inflorescencias pueden consumirse al vapor o hervidas y representan un aporte rico en proteínas y antioxidantes (Lebot y Ivančič, 2022). Por tal motivo, se ha considerado que mejoran la nutrición y son una opción para la tecnología de productos alimenticios, cabe destacar que su consumo se ha relacionado con efectos antihiperglucemiantes, antihipertensivos, hipoglucemiantes y prebióticos. Entre sus propiedades funcionales se destaca la presencia de almidón, mucílagos y polvos, mismos que pueden comportarse como espesantes y gelificantes (Calle, Gasparre, Benavent-Gil, y Rosell, 2021).

Es importante mencionar que el consumo de la papa china se ha visto afectado por la presencia de cristales de oxalato de calcio que confieren al cormo un sabor acre provocando picor e inflamación de tejidos en los consumidores. Con el fin de reducir el factor de acidez, el taro es pelado, rallado, remojado y fermentado, además se requiere de un largo periodo de cocción, otros métodos de eliminación incluyen el horneado o la extracción con etanol (Kaushal, Kumar, y Sharma, 2015). Por otro lado, nutricionalmente los cormos de papa china poseen una amplia cantidad de nutrientes entre los que destaca el almidón (70–80 g/100 g de malanga seca) y proteínas (11 %) como la albúmina con altas cantidades de fenilalanina y leucina; también es una rica fuente de calcio, fósforo, hierro, vitamina C, tiamina, riboflavina y niacina, que son componentes importantes de la dieta humana (Aboubakar, Njintang, Scher, y Mbofung, 2008). Los cormos de taro contienen altos contenidos de potasio (3,23 a 5,30 mg/kg en base de producto fresco (PF)), calcio (110 a 450 mg/kg PF), magnesio (190 a 370 mg/kg FP) y sodio (0 a 3 mg/100 g PF) (Yáñez Díaz, Cantú Silva, y González Rodríguez, 2018). Además, los cormos, poseen una baja concentración de carotenos, aunque los cormos de pulpa amarilla contienen un alto nivel de betacarotenos; respecto a las antiocianinas se identificaron pigmentos como pelargonidina 3-glucósido, cianindina 3-ramnósido y cianidina 3- glucósido (Ghan Jr, Kao-Jao, y Nakayama, 1977), también se observó la presencia de alcaloides, glucósidos, terpenoides, flavonoides, saponinas y fenoles (Krishnapriya y Suganthi, 2017).

Tabla 3. Composición proximal y contenido de minerales de las raíces de papa china (*Colocasia esculenta*)

Composición bioquímica	**Valor nutricional por 100 g**	**Porcentaje de Ingesta Dietética Recomendada (IDR)**
Energía	112 kcal	6 %
Carbohidratos	26,46 g	20 %
Proteína	1,50 g	3 %
Grasa total	0,2 g	< 1 %
Colesterol	0 mg	0 %
Fibra dietética	4,1 g	11 %

Folato (B_9)	22 µg	5,50 %
Niacina (B_3)	0,6 mg	4 %
Ácido pantoténico (B_5)	0,303 mg	6 %
Piridoxina (B_6)	0,283 mg	23 %
Riboflavina (B_2)	0,025 mg	2 %
Tiamina (B_1)	0,095 mg	8 %
Vitamina A	76 IU	2,50 %
Vitamina C	4,5 mg	7 %
Vitamina E	2,38 mg	20 %
Vitamina K	1 µg	1 %
Sodio	11 mg	< 1 %
Potasio	591 mg	12,50 %
Calcio	43 mg	4 %
Magnesio	33 mg	8 %
Cobre	0,172 mg	19 %
Hierro	0,55 mg	7 %
Zinc	0,23 mg	2 %
Manganeso	0,383 mg	1,50 %
Caroteno-β	35 µg	-
Criptoxantina-β	20 µg	-

Fuente: (Laxminarayana, 2020).

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Evaluar el efecto del uso de harinas de papa china (*Colocasia esculenta*) y chocho (*Lupinus mutabilis*) en la producción de yogur desnatado.

1.2.2. Objetivos Específicos

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

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1 Materiales

Las harinas que se utilizaron en la elaboración de los diferentes yogures corresponden a las procesadas en el proyecto de investigación Resolución Nro., UTA-CONIN-20220269 R al cual corresponde esta Tesis.

Obtención y preparación de la leche

La leche cruda que se empleó en la presente investigación se obtuvo en el Barrio Santa Rita de la ciudad de Píllaro de la provincia de Tungurahua. Se llevó a cabo un análisis fisicoquímico para verificar el cumplimiento de los estándares establecidos en la normativa NTE INEN 9 (2012).

2.2 Método

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

Para la elaboración del yogur se tomó en cuenta el procedimiento establecido por Bonilla Palate y Osorio Galeas (2020), se elaboró yogur desnatado a partir de leche al 1 % de materia grasa, se realizó la estandarización de la leche con la finalidad de asegurar el contenido de componentes de la leche. Posteriormente se adicionó las harinas en distintos porcentajes y se pasteurizó a 85 °C durante 5 minutos, este proceso eliminó los microorganismos existentes en la leche. Posteriormente a la pasteurización, se dejó enfriar la leche hasta mantener una temperatura de 40 °C, una vez alcanzada la temperatura se añadió el cultivo liofilizado (DANISCO) con concentración de acuerdo al volumen de leche que se utilizó, de acuerdo a la recomendación del fabricante. Seguidamente se procedió a una temperatura de 40 °C ± 2 °C durante 5 o 6 horas en recipientes de vidrio hasta conseguir un pH aproximado de 4,6. Luego de este proceso, se detuvo la fermentación mediante disminución rápida de la temperatura. Finalmente, se

mantuvo en refrigeración durante 24 horas para luego agitar lentamente por 1 minuto para romper el coágulo.

Para establecer la concentración más adecuada del uso de harina de papa china (*Colocasia esculenta*) y chocho (*Lupinus mutabilis*) se utilizó la metodología y el diseño experimental descrito por Salazar et al. (2021) en donde se ensayó concentraciones de 0,3 %, 0,6 %, 0,9 % de harina con la intención de evaluar cualitativamente la capacidad de formación del gel, sinéresis y viscosidad. Los resultados de las pruebas preliminares se establecieron arbitrariamente como: baja capacidad (-), capacidad moderada (+) y buenas capacidades (++).

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

pH

Para determinar el pH del yogur, se insertó el electrodo del potenciómetro digital calibrado en un vaso de precipitación con la muestra y se verificó la lectura de los resultados directamente, las mediciones se realizaron por triplicado.

Acidez titulable

La acidez titulable se analizó con el procedimiento de la normativa del NTE INEN 0013 (2012). Se colocó 10 mL de la muestra en un matraz Erlenmeyer, luego se agregó 3 gotas de fenolftaleína y se añadió hidróxido de sodio al 0,1 N hasta que cambie ligeramente a un color rosado y sea persistente por 30 segundos. Las mediciones se realizaron por triplicado.

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

Donde:

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

V: Volumen NaOH utilizado

N: Normalidad de NaOH

m: Masa del matraz vacío (g)

m_1: Masa del matraz con leche (g)

Actividad de agua

Para determinar la actividad de agua de las muestras de yogur, se utilizó un medidor de actividad de agua (AquaLab-4TE-USA). Se colocaron las muestras en la cápsula hasta alcanzar la medida indicada y se llevó a cabo el análisis, tal como se describe en el estudio (Núñez y Saavedra, 2019). .

Humedad

El contenido de humedad se determinó mediante el procedimiento de AOAC 711.02.023 (2016), se pesó 2 g de la muestra en una cápsula de porcelana vacía seca, la cual debe estar previamente pesada, luego se procedió a colocar en una estufa a 130 °C por 1 hora, para retirarla y colocarla en un desecador por 2 horas, al finalizar con el procedimiento se pesó la cápsula con la muestra seca. Este procedimiento se realizó por triplicado.

$$\%Humedad = \frac{m_1 - m_2}{m} \times 100 \qquad (2)$$

Donde:

m_1 = masa de la cápsula + muestra sin secar (g)

m_2 = masa de la cápsula + muestra (g)

m = masa de la muestra (g)

Cenizas

El contenido de cenizas se determinó mediante el método AOAC 945.46 (2016), se incineraron 3 g de muestra (yogur papa china – yogur chocho) en un crisol de porcelana, posteriormente se colocaron en la mufla a temperaturas entre 550 °C durante 1 hora con 30 minutos aproximadamente, este proceso se terminó cuando las cenizas presentaron un color blanco o gris uniforme y finalmente se pesó en una balanza analítica. Las mediciones se realizaron por triplicado y los resultados se expresan con base a la siguiente ecuación:

$$\% \, Cenizas = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \times 100 \qquad (3)$$

Donde:

m_1 = masa del crisol vacío, (g)

m_2 = masa del crisol + muestra, (g)

m_3 = masa del crisol + cenizas, (g)

Grasa

Se utilizó el método Gerber con ligeras modificaciones para determinar el contenido de grasa en el yogur. En este método se empleó un butirómetro Gerber. Se agregaron 10 cm^3 de ácido sulfúrico al butirómetro y luego se pipeteó 11 cm^3 de yogur, introduciéndolo cuidadosamente en el cuello del butirómetro. Se añadió 1 cm^3 de alcohol amílico al butirómetro y se agitó en una vitrina de protección hasta que las partículas de la muestra del yogur desaparecieran, lo que se logró mezclando dos o tres veces. Luego, se centrifugó el butirómetro y se colocó la tapa hacia abajo en un baño de agua a 65 ± 2 °C durante 4 minutos. Finalmente se realizó la lectura del contenido de grasa presente en el butirómetro según la norma NTE INEN 488 (2014).

Fibra

Para determinar la fibra dietética en las muestras se utilizó el método enzimático-gravimétrico de acuerdo con la normativa AOAC 985.29-1986 (2003), se pesó 1 g de la muestra seca y se agregó 500 ml de solución buffer para equilibrar el pH. Luego, se añadió la enzima $\propto - milasa$ termoestable y se incubó durante 30 minutos a 93 °C en un baño termoestático. Seguidamente, se dejó enfriar y se añadió NaOH para ajustar el pH a 7,5. Después, se adicionó la enzima proteasa para realizar el proceso de incubación a 60 °C durante 30 minutos y luego se acidificó con ácido clorhídrico. En seguida, se agregó la enzima amiloglucosidasa y se repitió el mismo procedimiento, agregando alcohol dejando así que los sólidos se precipiten. Luego, se pesó 0,5 g de celite, se calcinó por 1 hora, se enfrió y filtró. Se llevó las muestras al equipo de fibra para su filtración y se lavó el residuo dos veces con 10 ml de alcohol al 95 %. Finalmente, se dejó secar y se registró el peso.

Proteína

Se utilizó el método Kjeldahl, descrito por AOAC 2001.11 (2005) para determinar el porcentaje de proteína en las muestras de yogur desnatado. Se pesó 1 g de la muestra y se colocó en un tubo Kjeldahl al que se añadió una tableta que contenía sulfato de cobre y sulfato de potasio, así como 15 ml de ácido sulfúrico concentrado al 95-97 %. Posteriormente, se realizó la destilación y la etapa de titulación, utilizando ácido clorhídrico 0,1 N. Finalmente, se calculó el contenido de nitrógeno y se realizó los cálculos con las siguientes fórmulas:

$$WN = \frac{(V_s - V_b)(M_r)14{,}01}{m \times 10} \qquad (4)$$

Donde:

$\boldsymbol{WP}$ = proteína cruda en porcentaje de masa

$\boldsymbol{WN}$ = nitrógeno en porcentaje de masa

$\boldsymbol{V_s}$ = Volumen de la titilación

$\boldsymbol{V_b}$ = Volumen del blanco

$\boldsymbol{M_r}$ = normalidad del ácido clorhídrico

$\boldsymbol{m}$ = peso de la muestra

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

$$\boldsymbol{W_p} = W_N \times 6{,}25 \qquad (5)$$

Donde:

$\boldsymbol{W_p}$ = proteína cruda en porcentaje en masa

$\boldsymbol{W_N}$ = Nitrógeno en porcentaje en masa

$\boldsymbol{6,25}$ = factor de multiplicación para expresar el contenido de nitrógeno en proteína

Carbohidratos totales

Los carbohidratos se determinaron por diferencia a partir de la cuantificación de los principales componentes del alimento (Chiñas y Guillén, 2023).

$$\%\, CH = 100 - (\%\, humedad + \%\, proteína + \%\, grasa + \%\, minerales + \%fibra) \qquad (6)$$

Valor energético

El contenido calórico se estimó 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).

$$Energía = (carbohidratos \times 4) + (proteína \times 4) + (grasa \times 9) + (fibra \times 2) \qquad (7)$$

Viscosidad

La viscosidad se determinó con un viscosímetro rotacional (Quimis-Q860M21-Brasil), se pesó 250 ml de la muestra, después se realizó la medición a temperatura ambiente y se estableció el rotor y las revoluciones de trabajo, los ensayos se realizaron por triplicado (Salazar et al., 2021).

Consistencia

Para la determinación de la consistencia se utilizó el consistómetro de Bostwich. Se aseguró que el equipo estuviera en una superficie plana con la burbuja de nivel en el centro de la circunferencia, una vez nivelado, se cerró la puerta y se colocó la muestra. Finalmente, se presionó el gatillo de la puerta y se registró el valor de la distancia recorrida por la muestra durante 30 segundos, según lo descrito por Salazar et al. (2021).

Color

Los parámetros de color CIELAB (L*, a*, b*) se establecieron mediante el uso de un colorímetro Lovibond. Las muestras se colocaron de manera uniforme en cajas Petri y se tomaron al menos 15 mediciones por cada muestra.

2.2.3 Evaluación de la calidad sensorial del yogur desnatado

Los parámetros sensoriales de los yogures desarrollados con harina de papa china (*Colocasia esculenta*) y harina de chocho (*Lupinus mutabilis)* fueron evaluados por un grupo de 30 panelistas. Los panelistas evaluaron el color, olor, sabor, viscosidad y aceptabilidad mediante la escala hedónica de 0 a 5 puntos, dónde 5 corresponde a *me gusta* y 1 a *no me gusta*, los panelistas recibieron galletas de sal y agua entre muestra y muestra, con el propósito de limpiar los sabores residuales. Y esto se realizó por triplicado según lo propuesto por Salazar et al. (2021).

2.2.4 Análisis estadístico

Se utilizó un análisis ANOVA para establecer el efecto que tiene la adición de las harinas de papa china (*Colocasia esculenta*) y chocho (*Lupinus mutabilis)* en las propiedades

fisicoquímicas, sensoriales y reológicas de un yogur desnatado. Los datos se procesaron y analizaron con el programa Infostat. Se aplicó una prueba de Tukey al 95 % de confianza cuando existen diferencias significativas entre las muestras de yogur (Salazar et al., 2021).

2.2.5 Hipótesis

Hipótesis nula H_0

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

Hipótesis alternativa H_a

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

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Concentración óptima de harinas de cultivos andinos en el yogur

Análisis preliminares

Previo a la elaboración del yogur desnatado se llevó a cabo la determinación de parámetros fisicoquímicos de la leche desnatada. Según la norma NTE INEN 701 (2009) este tipo de leche debe poseer un contenido graso menor al 1 % para ser considerada descremada, de la misma forma, el contenido mínimo de proteínas debe ser de 2,9 % con un contenido de sólidos no grasos mínimo de 8,20 %. En la Tabla 4 se muestran los valores de la leche desnatada, observándose que se encuentran dentro de los rangos establecidos.

Tabla 4. Parámetros fisicoquímicos de la leche desnatada

Parámetros	Leche desnatada
Grasa (%)	0,93
Sólidos no grasos (%)	8,29
Proteína (%)	3,38

Concentración óptima de harinas

Las harinas de cultivos andinos muestran comportamientos diferentes, con la finalidad de establecer la concentración óptima de harina que se debe adicionar para el desarrollo del yogur se evaluó de manera cualitativa la capacidad de formar el gel característico del yogur, sinéresis y buena viscosidad. En la Tabla 5 se muestran los resultados de la evaluación cualitativa desarrollada con tres diferentes dosis de adición de las harinas al yogur, en función a los parámetros antes mencionados se clasifican como: (-) baja capacidad, (+) capacidad moderada y (++) buena capacidad. Los resultados permiten evidenciar que las harinas de papa china y chocho con una adición de 0,9 % forman una bebida en la que se observa la formación del gel característico de las leches fermentadas, baja sinéresis y buena viscosidad.

Tabla 5. Evaluación cualitativa de yogur con adición de harina de papa china y chocho

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

3.2. Evaluación de la composición proximal del yogur

En la tabla 6 se muestran los resultados de la composición proximal de las muestras de yogur con harina de papa china y harina de chocho al 0,9 %. La humedad de los yogures mostró diferencias significativas ($p < 0,05$), los resultados permitieron establecer que la humedad de los yogures con harina de chocho y control son mayores en comparación al yogur con harina de papa china. Estos resultados podrían estar atribuidos a la inclusión de las harinas cambia la composición proximal del yogur debido a la presencia de sólidos en la estructura de la muestra (Sameen et al., 2019). Resultados similares se obtuvieron en yogures desarrollados con harina de lenteja, donde se examinó un yogur con 1 % de adición de harina de lenteja, el cuál mostró un contenido de humedad del 75,75 % mientras que la muestra sin adición de harina presentó un contenido de humedad del 86,63 % (Arias-Lamos, Molina-Hernández, Andrade-Mahecha, y Científica, 2019). Esto indica que a medida que se aumenta la cantidad de harina añadida al yogur, el contenido de humedad tiende a disminuir. En otro estudio desarrollado por Atwaa et al. (2022) que incorporó las semillas de hinojo seco, mostró que los yogures producidos tienen contenido similar de humedad a los establecidos en este estudio, es importante señalar que el rango recomendado de humedad es de 75 a 85 % para mantener la firmeza del yogur.

Con relación al porcentaje de proteínas, el yogur control mostró el menor porcentaje seguido del yogur de papa china. Como se esperaba el yogur con harina de chocho mostró la mayor cantidad de proteína debido a la naturaleza de la leguminosa utilizada. Según Jørgensen et al. (2015), un yogur de buena calidad contiene un porcentaje de proteína

entre el 3 y 6 %, rango en el que se encuentran los yogures de papa china y chocho; en el caso del control este se encuentra bastante cerca con 2,99 %. Estos porcentajes resultan apropiados para brindar firmeza al yogur (Mahomud, Katsuno, Nishizu, et al., 2017). Los resultados del presente estudio son similares a los obtenidos por Mahomud, Katsuno, y Nishizu (2017) que evaluaron los efectos del concentrado de proteína de suero (WPC), y reportaron valores que oscilan alrededor del 4 %.

En cuanto el porcentaje de grasa se observa que el menor porcentaje se encuentra en el yogur de papa china, mientras que en el yogur desarrollado con harina de chocho el valor es el más alto, debido a la naturaleza lipídica del chocho (Hasneen et al., 2020), los resultados muestran diferencia significativa ($p \leq 0,05$). Resultados similares se obtuvieron en yogures desarrollados con yogur batido de calabaza (Barakat, Hassan, y Sciences, 2017), en el efecto del tipo de leche y almacenamiento sobre características bioquímicas, texturales y biofuncionales del yogur tipo firme (Moschopoulou et al., 2018).

En general, el yogur con harina de chocho y yogur con harina de papa china muestran más contenido de carbohidratos que el yogur control, debido principalmente a que las harinas al ser ricas en carbohidratos le transfieren esta propiedad al producto terminado, sin embargo, dependerá de la concentración de harinas adicionada al yogur. En un estudio realizado por Vásquez (2020), se encontró que el yogur con harina de chocho tenía un mayor contenido de carbohidratos, que el yogur control. Otro estudio desarrollado por Krisnaningsih, Radiati, Evanuarini, Rosyidi, y Science (2019) en yogur con almidón de malanga reportaron resultados se encuentran entre 3,35 y 5,01 y se menciona que porcentajes alrededor de la cantidad de carbohidratos es lo aconsejable para tener un producto de buena calidad.

En cuanto al porcentaje de fibra, los yogures de papa china y chocho mostraron una mayor cantidad en relación al control. La baja cantidad de fibra encontrada en el yogur control era de esperarse debido a que el yogur por su naturaleza misma no es una fuente de fibra (Yang et al., 2020). Debido a esta deficiencia en este componente nutritivo es necesario agregar algún tipo de suplemento o materia prima que permita incrementar el contenido de fibra, es así que los yogures desarrollados con harinas de cultivos andinos presentan

contenidos interesantes de fibra, debido a la calidad nutricional de las harinas. En otros estudios como el de Barakat et al. (2017) que evaluó el yogur de batido de calabaza y reportó resultados bajos para este parámetro, mientras que en estudios como el de W. Caicedo y Flores (2020) en los que se emplean harinas de un ensilado líquido de banano con tubérculos de taro, muestran resultados similares a los obtenidos en este estudio.

Los valores encontrados del contenido de cenizas fueron mayores en los yogures con adición de harinas en comparación con el yogur control. Esta diferencia podría atribuirse a la cantidad de minerales presentes en las harinas después de quemar los componentes orgánicos. En otros estudios se reportan porcentajes de ceniza bastantes similares como en el mostrado por Shaheryar et al. (2023) en el que se emplea almidón de malanga con porcentajes en torno al 0,77 % y 0,75 %.

La actividad de agua en los tres tratamientos es similar y no se observan diferencias significativas. En el estudio de Mendes et al. (2019) que evaluó yogur suplementado con jarabe de yacón y extracto de marañón, la actividad de agua reportada fue de 0,969 hasta 0,992. En otros estudios se menciona que esta actividad de agua es la más adecuada para que el yogur mantenga una textura adecuada (Bchir, Bouaziz, Blecker, y Attia, 2020).

El yogur es considerado un producto bajo en calorías, siendo este uno de sus principales atractivos en las dietas (Mendes et al., 2019). Las calorías en el yogur provienen de tres fuentes principales: proteínas, grasas, carbohidratos (Parvin et al., 2019). En cuanto a la diferencia en el contenido calórico entre el yogur con harina de chocho y yogur con harina de papa china se nota un aumento en el aporte calórico debido al contenido de carbohidratos, grasas y proteínas en el yogur en comparación con el yogur control que no contiene harinas, estos resultados son similares a los reportado por Parvin et al. (2019) en un estudio de preparación de yogur mediante la mezcla de polvo de manzana. Las diferentes distribuciones de las calorías se pueden deber a diversos factores entre los que destaca la composición de la harina, por ejemplo, según Kaushal et al. (2015) la harina de papa china es muy rica en carbohidratos por lo que el contenido calórico será más alto que la muestra control, por otro lado, el estudio de Gutierrez-Castillo et al. (2022), se menciona

que el chocho contiene gran contenido lipídico, lo que se refleja en el contenido calórico del presente estudio.

Tabla 6. Composición proximal y contenido calórico del yogur elaborado con harina de chocho y papa china.

Parámetros proximales	Yogur control	Yogur con harina de papa china	Yogur con harina de chocho
Humedad (%)	87,83±0,05[a]	87,81±0,05[a]	87,84±0,05[a]
Proteína (%)	2,99±0,05[c]	3,19±0,05[b]	3,75±0,05[a]
Grasa (%)	2,26±0.05[b]	2,26±0,05[c]	2,50±0,05[a]
Carbohidratos [CH] (%)	2,75±0,05[c]	5,58±0,15[a]	5,02±0,05[b]
Fibra (%)	0,47±0,05[c]	2,08±0,05[b]	2,49±0,05[a]
Cenizas (%)	0,60±0,05[a]	0,68±0,05[a]	0,67±0,05[a]
pH	4.46±0.01[a]	4.45±0.01[a]	4.44±0.01[a]
Acidez titulable	1.07±0.01[a]	1.20±0.02[a]	1.23±0.01[a]
Actividad de agua (%)	0,99±0,0001[a]	0,99±0,0001[a]	0,99±0,0001 [a]
Calorías (Kcal/100g)	47,98±0,20[c]	56,63±0,20[a]	53,58±0,20[b]
Calorías de la grasa (Kcal/100g)	10,98±0,45[c]	20,34±0,45[b]	22,50±0, 45a
Calorías de CH y grasa (Kcal/100g)	31,06±0,25[c]	43,73±0,15[a]	33,50±0,25[b]
Calorías de Proteína (Kcal/100g)	11,96±0,20[c]	12,76±0,20[b]	15,00±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.

3.3 Parámetros reológicos

Viscosidad aparente

La viscosidad del yogur desempeña un papel crucial en la calidad del producto y la experiencia del consumidor. Una viscosidad adecuada contribuye a una textura suave, una

apariencia atractiva, una buena estabilidad, una mejor dispersión del sabor y un comportamiento óptimo durante el consumo (Ciruelos Peral, 2019).

En la figura 3 se observa la viscosidad vs la velocidad de deformación ajustado al modelo de la ley de la potencia (Tabla 7), los valores de índice de comportamiento de las muestras presentan valores $\eta < 1$, lo que indica que su viscosidad no es constante, sino que varía con la velocidad de deformación. El yogur con harina de papa china mostró la mayor viscosidad al inicio de la evaluación, seguido por el yogur control y finalmente el yogur con harina de chocho. En torno al tiempo de evaluación se observó que en los tres casos la viscosidad es estática, provocado posiblemente por la ruptura de todos los agregados, dejando solamente partículas coloidales, debido a este comportamiento las fuerzas hidrodinámicas prevalecen sobre las demás fuerzas, dando una tendencia a un comportamiento no newtoniano (Gonzalez, Hurtado, y Muñoz, 2021).

Comportamientos similares fueron reportados por Nehaa et al. (2022) quienes en su estudio señalan que formulaciones desarrolladas con harina de maíz, pectina y goma xantana, mostraron comportamientos tixotrópicos y de fluidos no newtonianos-pseudoplásticos, los resultados muestran que la adición de harinas de cultivos andinos influye en la viscosidad. Un estudio realizado por Vasconcelos, Minim, y Chaves (2012), investigó el efecto de la harina de tarwi (chocho) en la viscosidad de los yogures, los resultados mostraron que la adición de la harina de tarwi incrementaba en la viscosidad de los yogures, atribuido al contenido de proteína y fibra, mientras que el caso del yogur con harina de papa china y yogur control mostraron una reducción similar. De esta forma se puede determinar que las muestras de yogur presentan un comportamiento de un fluido pseudoplástico, categoría en la que se clasifica el yogur de manera generalizada (Pang et al., 2019).

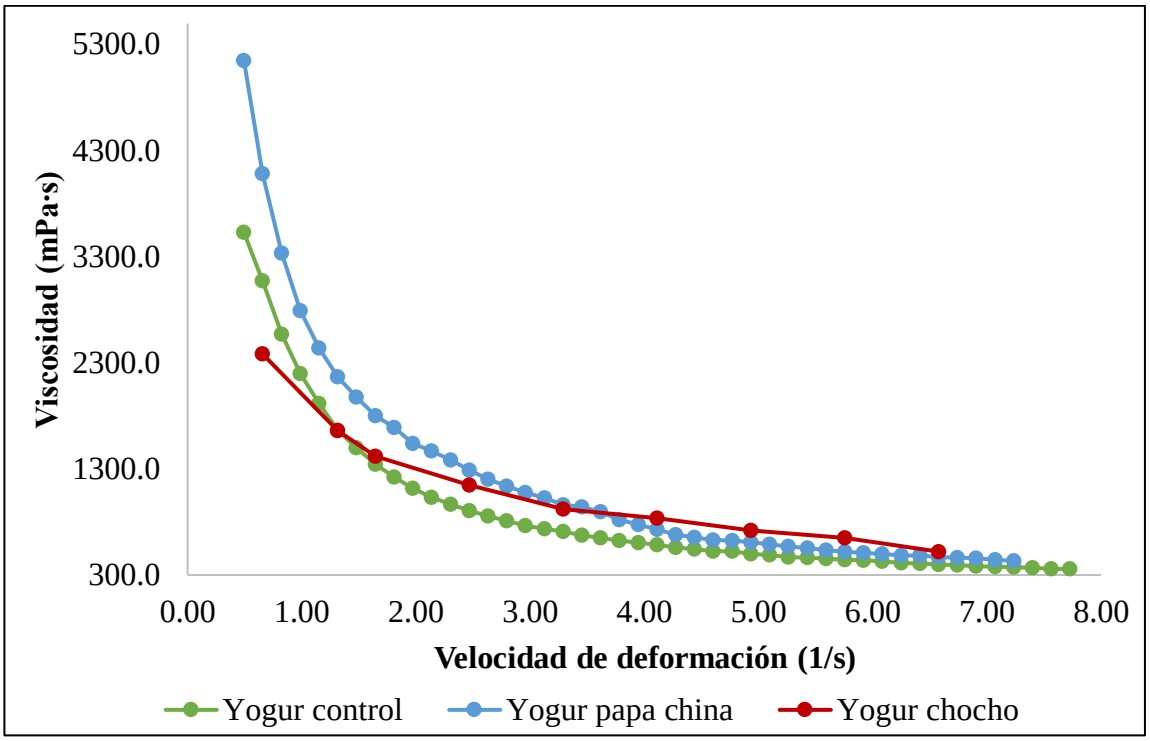


Figura 3. Viscosidad (mPa·s) vs. velocidad de deformación (1/s) de los yogures control y con 0,9% de adición de harinas de papa china y chocho.

La adición de las harinas incrementó la viscosidad de las muestras, posiblemente debido a su contenido de fibra, con base a los antecedentes se puede establecer que existe una estrecha relación entre la viscosidad y la cantidad de fibra presente, observándose valores más altos de la viscosidad con una mayor cantidad de fibra. Estudios relacionados con el análisis de tubérculos de *Colocasia esculenta* reportan que la aportación de productos ricos en fibra influye sobre la viscosidad del yogur final (Krisnaningsih et al., 2019).

Tabla 7. Ecuación y coeficiente de correlación de la viscosidad de las muestras de yogur control y yogur con harina de papa china y chocho al 0,9 % de adición.

Muestras	**Viscosidad**	
	Ecuación	**Coeficiente de correlación**
Yogur control (sin adición de harinas)	$\eta = 2052{,}2(\dot{\gamma})^{0{,}123}$	0,9937
Yogur con harina de papa china	$\eta = 2857(\dot{\gamma})^{0{,}047}$	0,9965

Yogur con harina de chocho	$\eta = 1934{,}6(\dot{\gamma})^{0.367}$	0,9925

Consistencia

Los grados Bostwick representan la distancia que se desplaza el fluido en el tiempo de 30 segundos, de manera que entre más alto el grado obtenido, menos consistente es el fluido (Côté, Germain, Dufresne, y Gagnon, 2019). En la Tabla 8 muestran los resultados de la consistencia, se observa que el yogur con harina de papa china presenta la mejor consistencia con 15,17 cm /30 s. Por otro lado, el yogur control y el yogur con harina de chocho mostraron una menor consistencia, con 20,33 cm /30 s y 21,83 cm /30 s, respectivamente. El yogur con harina de papa china muestra el valor más bajo en cuanto a la consistencia en comparación con las otras muestras, se podría entonces inferir que un contenido de almidón alto puede llevar a una mayor retención de agua, la que resulta en una consistencia más espesa por sus propiedades gelificantes.

Por otro lado, el yogur con harina de chocho puede tener un valor alto en consistencia en comparación con el yogur control y yogur con harina de papa china, teniendo en cuenta que esta leguminosa es conocida por su alto contenido en fibra dietética, por lo que tiene propiedades gelificantes y espesantes, lo que puede contribuir a una menor consistencia (R. C. J. Y. I. H. Chandan y prevention, 2017) con respecto al yogur control que tuvo una consistencia más uniforme y suave debido a que no contiene harinas. En el estudio de Sekhavatizadeh, Mirzaee, Golmakani, Hosseinzadeh, y sciences (2022) se evaluó la influencia de una harina en el yogur a diferentes concentraciones**,** mostrando que a concentraciones demasiado altas la consistencia tiende a disminuir drásticamente, y se acercan a los valores del control a concentraciones muy bajas. Por otro lado, en el estudio de Chand et al. (2021) se analizó diferentes harinas a la misma concentración dando diferentes resultados, e incluso por debajo del control. Con base en esto se puede atribuir la baja consistencia a que la concentración de harina de chocho es inadecuada, probablemente demasiado bajo por su cercanía al yogur de control.

Tabla 8. Consistencia de las muestras de yogur control y yogur con harina de papa china y chocho al 0,9 % de adición.

Muestras	Consistencia (cm)
Yogur control	20,33±0.29[b]
Yogur con harina de papa china	15,17±0.29[c]
Yogur con harina de chocho	21,83±0.29[a]

3.4. Análisis fisicoquímico

Estabilidad de pH, acidez y color

En las figuras 4, 5, 6, 7 y 8 se muestran los resultados de la evolución de pH, acidez y color de las muestras de yogur. El análisis del pH y la acidez titulable son de relevancia para el control de calidad del yogur, estos parámetros contribuyen tanto en la extensión de la vida útil, como en el sabor y estabilidad del producto (Campo et al., 2019; Payton, Khubchandani, Thompson, y Price, 2017). Por otro lado, si la acidez titulable muestra valores demasiado altos eso puede afectar en el sabor y estabilidad del yogur, resultando productos con alta acidez y con sinéresis pronunciada (Campo et al., 2019). En el caso del yogur se espera que el pH tienda a reducir con el paso del tiempo, debido principalmente a la transformación de la lactosa por acción de las bacterias ácido lácticas; de esta manera aumenta la concentración de ácido láctico y disminuye el pH (Rashwan et al., 2023).

Los resultados de la variación de pH a lo largo del tiempo mostraron que los tres yogures tuvieron un comportamiento similar, con una mínima variación en el día 0 para el yogur con harina de papa china y en el día 21 con el yogur control. Este comportamiento se puede atribuir a la producción de ácido láctico por parte de las bacterias y es similar al estudio de Benmeziane et al. (2021) en el que los yogures evaluados mostraron el mismo descenso de pH a pesar de que el yogur con lenteja mostrara una acidez más baja. Se debe destacar el efecto de la leche desnatada en la variación del pH, en el estudio de Hafiizha, Kayaputri, Tensiska, y Amalia (2020) se muestra que cuando se usa leche descremada, el pH del yogur se encuentra en un rango de 3,8 a 4,6 dado que este tipo de leche posee un mayor contenido de lactosa, la cual genera un aumento del contenido de ácido láctico y por ende un descenso del pH. En el estudio de Felfoul, Borchani, Samet-Bali, Attia, y Ayadi (2017) en el cual agregaron jengibre y analizaron su influencia en las propiedades

del yogur, obtuvieron resultados de pH en el rango de 4,44 ± 0,04 hasta 4,62 ± 0,04, y se explicó que estos valores se debían a un decaimiento del pH por el aumento de ácido láctico, siendo considerados como valores aceptables. En el estudio de Delikanli, Ozcan, y Preservation (2017) en donde ensayaron yogures fortificados con proteínas de la leche, se observan valores de pH menores a los del presente estudio, ubicándose en el rango de 3,96 a 3,82, y a pesar de esto, en el estudio se menciona que el yogur mantiene características adecuadas para el consumo.

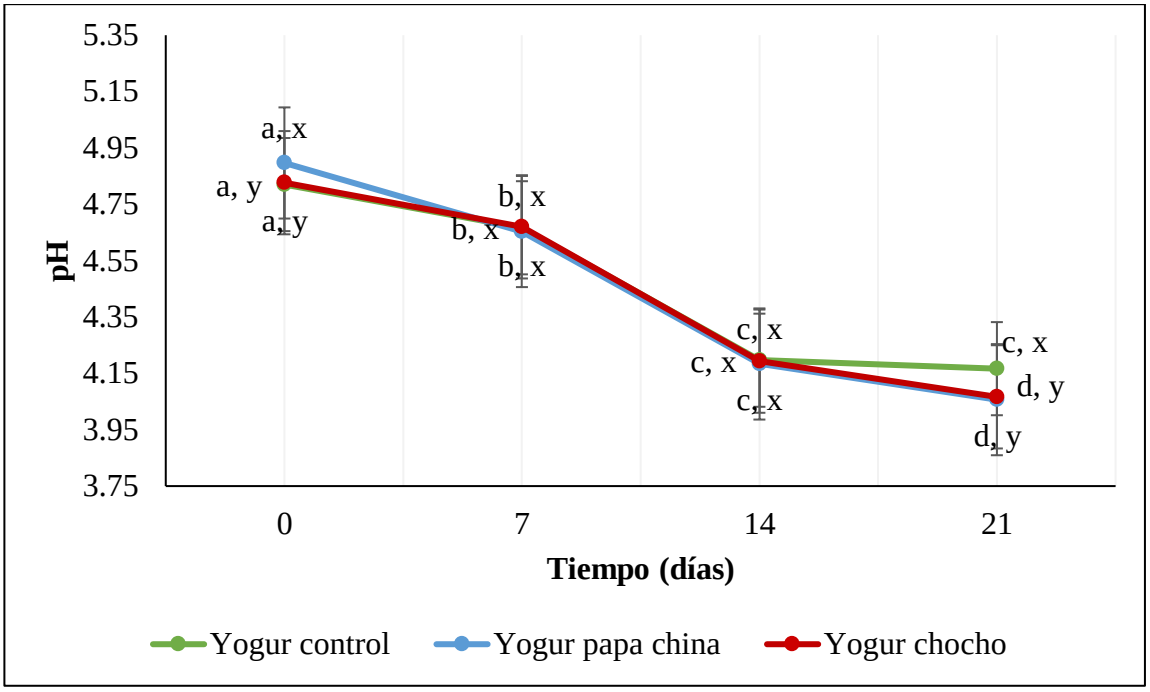


Figura 4. pH a través del tiempo (días). Los resultados son la media ± desviación estándar. Anova de doble vía. Las letras (a, b, c, d) muestran diferencias significativas para cada yogur en los diferentes días de almacenamiento ($p \leq 0,05$). Las letras (x, y, z) muestran diferencias significativas entre los yogures en el mismo periodo de almacenamiento ($p \leq 0,05$).

Los resultados de la variación de la acidez expresado en porcentaje ácido láctico en los días 0, 7, 14 y 21; muestran que en el día 0 la acidez es similar en todas las muestras, esto debido probablemente a que las bacterias empiezan la transformación de la lactosa en ácido láctico (M. A. Farag, H. A. Saleh, S. El Ahmady, y M. M. Elmassry, 2022). Durante la evolución en el tiempo se observa un aumento en la acidez lo que indica una progresión de la fermentación. En el caso del yogur control se observa el porcentaje de acidez más bajo en comparación con las muestras en las que se incluyó las harinas de cultivos andinos,

sin embargo, a partir del día 7 hasta el día 21 las muestras tienen un comportamiento similar. Los yogures con harina de papa china y harina de chocho mostraron una acidez similar, siendo en el día 7 el único punto con una diferencia considerable. Estos resultados son similares a los obtenidos por Altemimi (2018); Chen, Singh, Bhargava, y Ramanathan (2018), quienes evaluaron la aplicación de la fécula de patata en el yogur y reporta una mayor acidez en los yogures en los que se incluyó harina frente al control. Además, el rango de acidez concuerda con los demostrados en los estudios de Altemimi (2018); Chen et al. (2018). Si comparamos los resultados con yogures fortificados con otros métodos como el utilizado por Delikanli et al. (2017) quien agregó proteínas de leche para mejorar sus propiedades, reportando porcentajes de acidez que van desde 1,23 % hasta 1,34 %; se puede notar que los resultados del presente estudio se aproximan a los reportados en el estudio en los días 7, 14 y 21 en el caso de los yogures con harina y solo en el día 21 en el yogur control. Estos resultados sugieren que el agregar las harinas de chocho y papa china no implican un efecto negativo en la acidez del yogur.

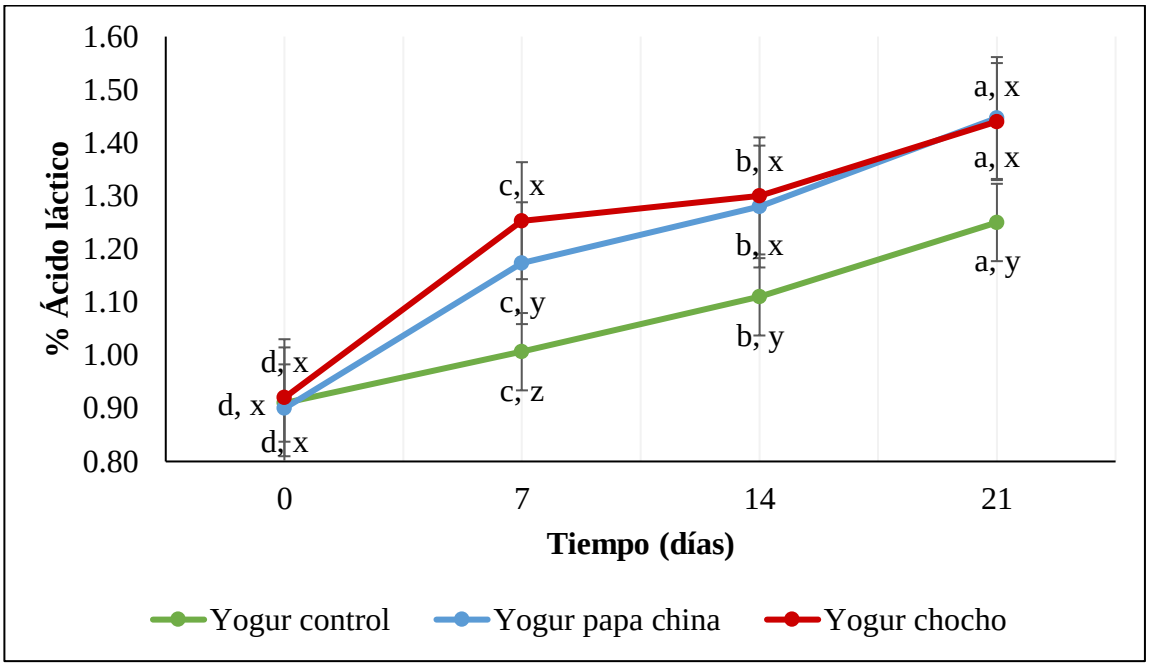


Figura 3. % De ácido láctico a través del tiempo (días). Los resultados son la media ± desviación estándar. Anova de doble vía. Las letras (a, b, c, d) muestran diferencias significativas para cada yogur en los diferentes días de almacenamiento ($p \leq 0,05$). Las letras (x, y, z) muestran diferencias significativas entre los yogures en el mismo periodo de almacenamiento ($p \leq 0,05$).

Uno de los parámetros de calidad más importante en los alimentos es el color, este puede afectar la aceptación del producto. En la figura 6 se muestran los resultados de luminosidad, figura 7 Rojo/Verde (a*) y Amarillo/Azul (b*). Los resultados muestran diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre los diferentes yogures (control, con harina de papa china y con harina de chocho) y para cada muestra considerando los días de almacenamiento (Salazar et al., 2021).

La luminosidad L* aumentó durante el periodo de almacenamiento para los tres yogures, existiendo diferencias estadísticamente significativas para cada uno en función de los días. De los tres yogures, el yogur control mostró una mayor luminosidad, esto debido a la luminosidad propia de la leche causada por la presencia de partículas coloidales como glóbulos de grasa y micelas de caseína (Walstra, Wouters, y Geurts, 2006). La muestra de yogur control y la muestra de yogur con harina de papa china muestran una mayor luminosidad, en el cual la falta de luminosidad podría verse afectado por cambios durante el procesamiento y tiempo de almacenamiento según lo manifiesta Delikanli et al. (2017), quien evaluó las propiedades texturales del yogur fortificado con proteínas de leche. Está diferencia en la lectura de luminosidad está relacionado con el grado de opacidad del gel presente en el yogur (Walstra et al., 2006). Además, la reducción en el contenido de grasa de la leche puede conferir al yogur un color más claro.

En el caso de los yogures con adición de harina de papa china y harina de chocho, los valores de luminosidad se asocian a la presencia de fibra e hidrocoloides en las harinas que generan una caída en los valores (Tizghadam, Roufegari-nejad, Asefi, Jafarian Asl, y Characterization, 2021). Además, en el caso de la harina de chocho esta caída de L* se asocia a la presencia de taninos en la harina, lo que probablemente confiriere al yogur una coloración marrón (Campos, Chirinos, Gálvez Ranilla, y Pedreschi, 2018), sin embargo, al existir bajas cantidades de este pigmento, el yogur mantuvo una coloración clara con valores en un rango de 82,97 al 84,71. Por otro lado, El-Attar, Ahmed, El-Soda, Zaki, y Sciences (2022) encontraron una tendencia opuesta en el color del camote. En su estudio, las muestras de yogur con adición del 2 % de harina de batata naranja mostraron valores promedio de luminosidad (L*) de 85,07 y 83,47 en el día 0 y en el día 14 de

almacenamiento, respectivamente. Esto se atribuye a la variedad de camote utilizado en el análisis.

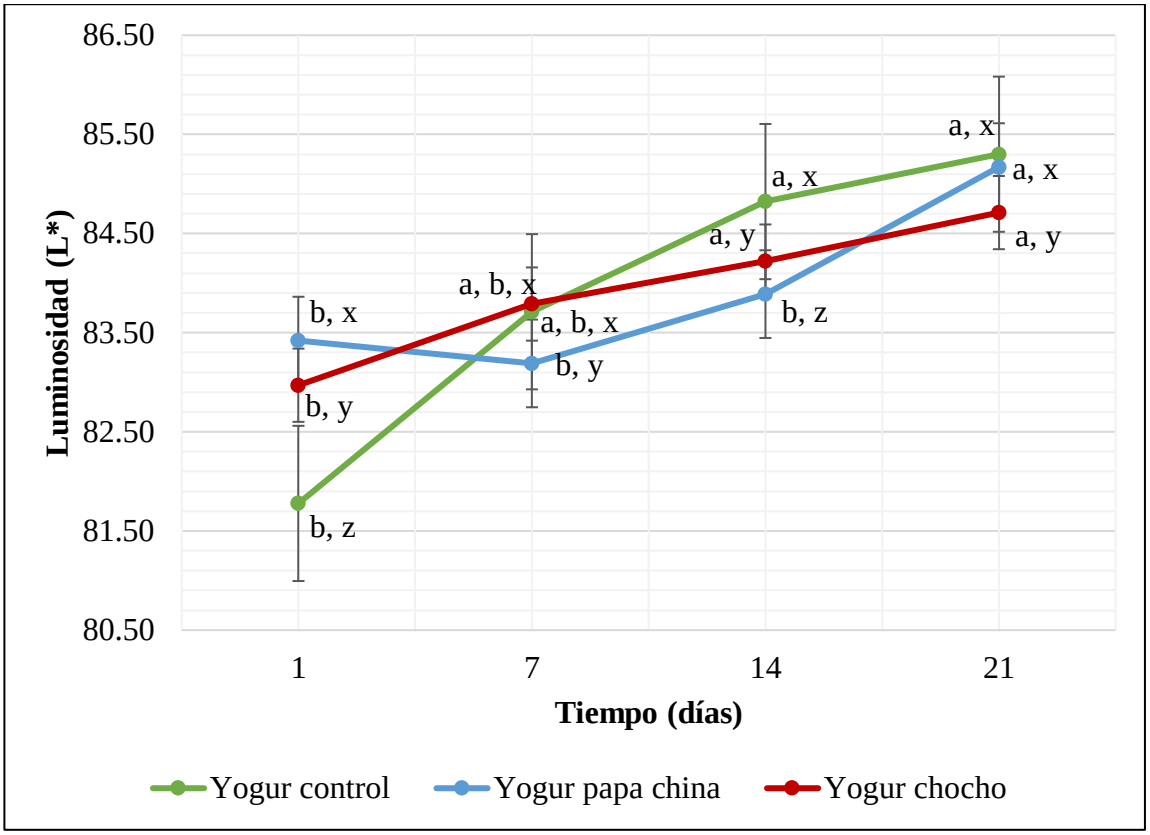


Figura 4. L* a través del tiempo (días). Los resultados son la media ± desviación estándar. Anova de doble vía: Las letras (a, b) muestran diferencias significativas para cada yogur en los diferentes días de almacenamiento ($p \leq 0,05$). Las letras (x, y, z) muestran diferencias significativas entre los yogures en el mismo periodo de almacenamiento ($p \leq 0,05$).

Por otro lado, respecto a los valores de rojos/verdes (a*), en la figura 7 se muestran los resultados de los yogures desarrollado con harinas de cultivos andinos y la muestra control. Los resultados evidencian diferencias significativas ($p \leq 0,05$), se observan valores negativos de a*, mostrando así, una tendencia a la cromaticidad verde que podrían ser atribuidos a la inclusión de las harinas, ya que estos son influenciados por varios factores entre ellos, la composición química de las harinas, la presencia de pigmentos naturales, la temperatura y el tiempo de fermentación (Himeda et al., 2014). Según Campos, Chirinos, Ranilla, et al. (2018) también puede ser causado por la oxidación, la

degradación de pigmentos, las interacciones químicas, los cambios en la estructura y los efectos de la luz.

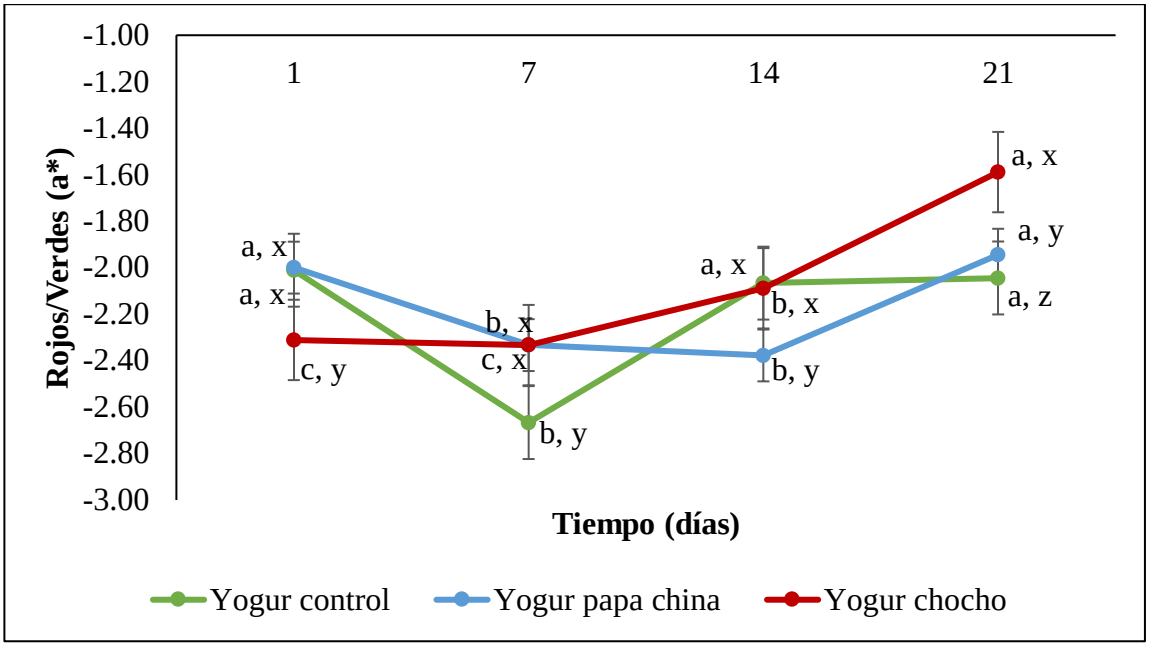


Figura 7. a* a través del tiempo (días). Los resultados son la media ± desviación estándar. Anova de doble vía: Las letras (a, b, c) muestran diferencias significativas para cada yogur en los diferentes días de almacenamiento ($p \leq 0,05$). Las letras (x, y, z) muestran diferencias significativas entre los yogures en el mismo periodo de almacenamiento ($p \leq 0,05$).

En la figura 8 se muestran los resultados de amarillos/azules (b*) en las diferentes muestras de yogures. En el yogur con harina de chocho no presentó tonos amarillos de manera constante desde el primer día hasta el día 21. Al igual que el yogur con harina de papa china, estos valores podrían ser efecto de la estabilidad de los pigmentos, los cuáles son responsables del componente de color azul-amarillo y no se vean afectados por las condiciones de almacenamiento del yogur. Esto significa que no se producen cambios en la concentración o en la estructura, también es posible que los componentes de la harina de papa china y la harina de chocho actúen como protectores de los pigmentos del yogur, evitando su degradación o alteración en el producto, siendo este menos susceptible a los factores que podrían causar cambios de color, como la oxidación o las interacciones químicas con otros ingredientes del yogur. En el caso del yogur control se observó valores

bajos en un rango de 2,81 hasta 3,36, esto puede deberse a la selección de ingredientes con bajos contenidos de pigmentos amarillos o azules (Mousavi et al., 2019).

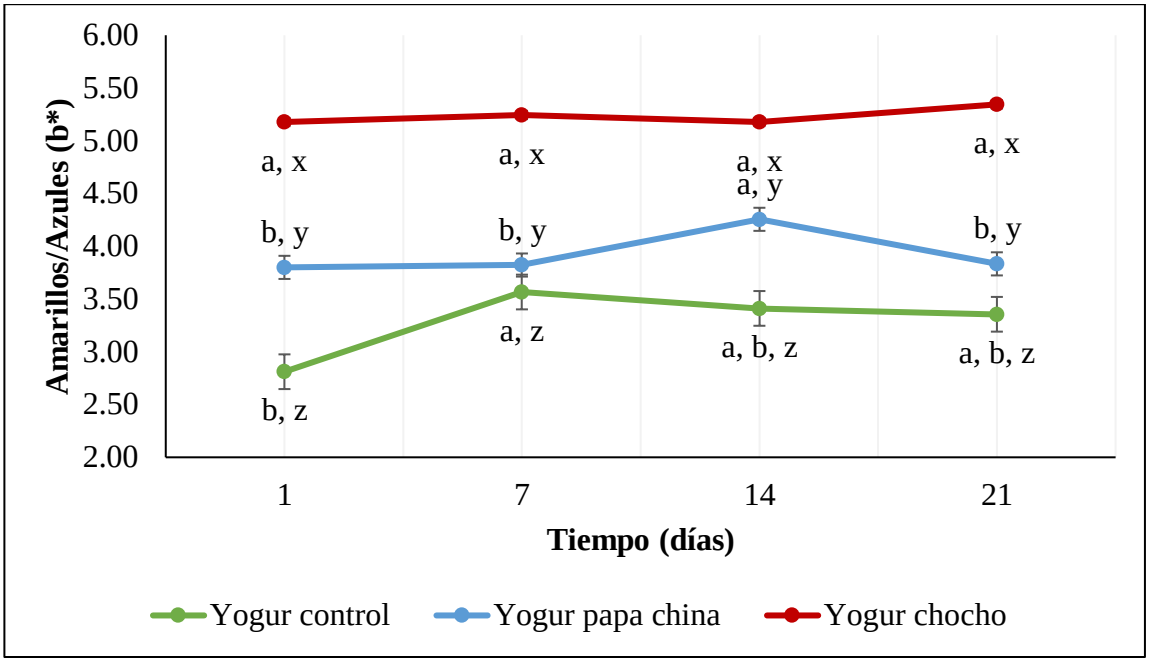


Figura 8. b* a través del tiempo (días). Los resultados son la media ± desviación estándar. Anova de doble vía: Las letras (a, b) muestran diferencias significativas para cada yogur en los diferentes días de almacenamiento ($p \leq 0,05$). Las letras (x, y, z) muestran diferencias significativas entre los yogures en el mismo periodo de almacenamiento ($p \leq 0,05$).

Los valores de este estudio coinciden con los mostrados para yogures complementados con harinas. En el caso de yogures elaborados con leche baja en grasas (1,5 %) y suplementados con harina de linaza se observa que después de 21 días de almacenamiento existen cambios de color asociados al alto contenido de fibra de la linaza, la cual generó un efecto de oscurecimiento en el yogur, causando además que los valores de b* asciendan debido a la combinación de la linaza con la leche pasteurizada, la cual produjo un yogur más amarillo y con tendencia a los rojos (a*) por acción de los pigmentos rojizos de la linaza (Mousavi et al., 2019). Un panorama similar se observa en yogures descremados con adición de goma de tara con suero de leche en polvo que en un periodo de 15 días se muestran valores de luminosidad altos, con tendencia a colores rojos y amarillos. La coloración observada está asociada a la adición de goma de tara en la formulación del yogur misma que puede unirse con el agua libre de la matriz del producto y disminuir los

valores de L* oscureciendo de esa forma las muestras de yogur. En el caso de los valores de a*, estos disminuyen cuando existe una alta concentración de polisacáridos que causan una mayor formación de materia seca y una reducción de los patrones de difracción, de la misma forma la interacción de los polisacáridos con las proteínas de la leche incrementa la materia seca al atrapar más agua libre y por ende se produce que en el yogur se torne amarillo, lo cual explica los altos valores de b* (Say, Soltani, y Güzeler, 2020). Delikanli et al. (2017) y Gélébart et al. (2019) explican que los valores de a* también se pueden ver afectados por el tratamiento térmico durante la producción del yogur en donde las proteínas al ser sensibles al calor se degradan durante la reacción de Maillard.

3.5. Análisis sensorial

En la figura 9 se muestran los resultados de la evaluación sensorial. Los resultados corresponden a la valoración de una escala hedónica en la que evaluó el color, el olor, sabor, viscosidad y aceptabilidad. La evaluación permitió establecer que el yogur con mayor aceptabilidad fue el yogur control sin adición de harinas, seguido del yogur con harina de papa china y harina de chocho con una aceptación moderada. En cuanto al color, se observa que los tres yogures se consideraron de color visualmente apetecible al consumidor, obteniéndose un resultado similar para el olor con cualificación de moderado.

Respecto a la viscosidad, el yogur control y el de papa china fueron considerados aceptables por parte de los catadores, no obstante, el yogur de chocho mostró una aceptabilidad moderada. Una situación similar ocurre con el parámetro de sabor, donde se observa una diferencia entre el sabor de los tres yogures, con mayor aceptación el sabor del yogur control seguido de una moderada el yogur de papa china y con menor aceptación el yogur de chocho.

Es importante destacar que el yogur desnatado al no contener la grasa de la leche normalmente posee escasas propiedades funcionales que afectan las propiedades de textura y sensoriales del yogur, por lo cual es importante emplear estabilizadores como harinas (Aydinol Sonmez, Ozcan, y Technology, 2021). De esa forma, un estudio realizado por Castañeda, Manrique, Gamarra, Jáuregui, y Ramos (2009) en el cual se

elaboró yogur con sustitución parcial con harina de chocho se muestra que el yogur con un 20 % y 30 % de leche de chocho resultan ser moderadamente agradables al paladar del catador. Este resultado en cuanto al yogur de chocho se asocia al sabor de la semilla misma, la cual posee alcaloides quinolizidínicos que confieren un sabor amargo al producto, mismo que deben ser eliminados o reducido completamente para evitar que se limite su consumo (Arias, 2015).

En la evaluación sensorial del yogur con harina de papa china se observa que en el estudio de Nugroho et al. (2018) la adición de esta harina aumenta la viscosidad de la bebida, produciendo a su vez una consistencia más espesa, y que al ser evaluada sensorialmente se obtiene una buena aceptabilidad tanto para color, sabor y aroma; observándose mejores resultados con yogures a los cuales se les adicionó harina al 1 %.

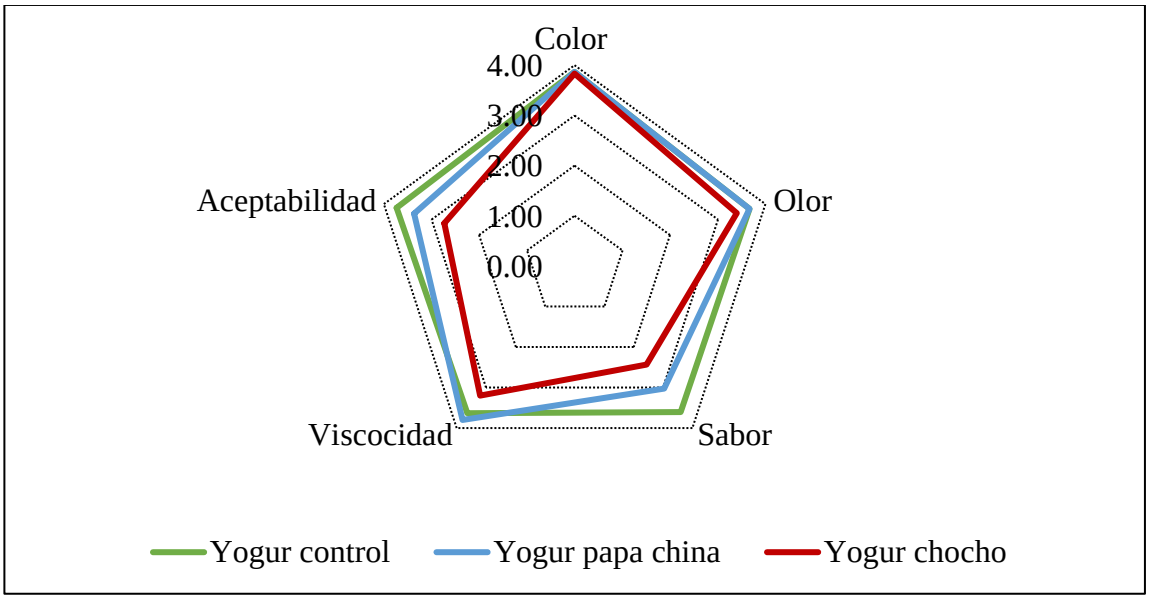


Figura 5. Perfil sensorial del yogur desnatado con adición de harinas de papa china y chocho al 0,9% de adición y el yogur control.

3.6. Verificación de hipótesis

A través de un análisis estadístico empleando ANOVA y prueba de Tukey donde se observa que la adición de las harinas de papa china (*Colocasia esculenta*) y chocho (*Lupinus mutabilis*) tienen un efecto en las propiedades fisicoquímicas, sensoriales y reológicas de un yogur desnatado.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1.Conclusiones

- Se elaboró un yogur desnatado con adición de harinas de papa china (*Colocasia esculenta*) y chocho (*Lupinus mutabilis*) que tras un análisis de la concentración óptima se determinó que la adición de las harinas de cultivos andinos al 0,9% forman yogures en donde se puede observar la formación del gel, baja sinéresis y buena viscosidad.
- Se determinaron las propiedades fisicoquímicas, composición proximal y propiedades reológicas del yogur desnatado con harina de papa china (*Colocasia esculenta*) y chocho (*Lupinus mutabilis*) se observó reducción del pH y aumento de la acidez del yogur durante los 21 días de almacenamiento. Respecto a la composición proximal se destaca la presencia de fibra en el yogur de harina de papa china, lo cual puede aumentar el sustrato energético del yogur, mientras que el yogur con harina de chocho contiene cierta cantidad de fibra dietética, permitiendo obtener una viscosidad alta y una consistencia más espesa.
- En la evaluación sensorial se encontraron datos importantes sobre el sabor, olor, textura, aceptabilidad y viscosidad de los yogures con adición de harinas y el yogur control, los resultados fueron diferentes entre el yogur con harina de chocho, que tuvo un sabor no aceptable en comparación con el yogur control y el yogur con harina de papa china, que tuvo un sabor convencional. En cuanto a la textura, la adición de harinas tuvo un efecto positivo, aumentando la viscosidad y consistencia en comparación con el yogur control, que fue menos consistente. La aceptabilidad fue moderada entre la muestra de yogur con harina de papa china y el yogur control, mientras que el yogur con harina de chocho mostró menos aceptabilidad debido al sabor característico del chocho.

4.2. Recomendaciones

- Utilizar técnicas de preservación para evaluar la estabilidad microbiológica del yogur.
- Aromatizar y saborizar los yogures con cultivos andinos para evaluar la aceptabilidad del yogur.
- Evaluar la mezcla de harinas para el desarrollo de yogur y otras leches fermentadas.

MATERIALES DE REFERENCIA

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Altemimi, A. B. J. F. (2018). Extraction and optimization of potato starch and its application as a stabilizer in yogurt manufacturing. *7*(2), 14.

AOAC 711.02.023. (2016). Determinación de humedad en alimentos. *Official Methods of Analysis.*

AOAC 945.46. (2016). Ash of milk. Gravimetric method. *Association of Analytical Communities*.

AOAC 985.29-1986. (2003). Fibra dietética total en los alimentos, enzimático.

AOAC 2001.11. (2005). Proteína (cruda) en alimentos para animales, forraje (tejido vegetal), granos y semillas oleaginosas. *Association of Analytical Communities*.

Arias-Lamos, D., Molina-Hernández, J. B., Andrade-Mahecha, M. M. J. R

. U. A., Científica, D. (2019). Evaluación del potencial de uso de epicarpio de maracuyá deshidratado (Passiflora edulis f. flavicarpa O. Deg.) en la formulación de yogurt. *22*(1).

Arias, M. C. C. J. R. b. c. (2015). Tarwi (Lupinus mutabilis Sweet) una planta con potencial nutritivo y medicinal. *3*(3), 163-172.

Atwaa, E. S. H., Shahein, M. R., El-Sattar, E. S. A., Hijazy, H. H. A., Albrakati, A., K. J. F. (2022). Bioactivity, physicochemical and sensory properties of probiotic yoghurt made from whole milk powder reconstituted in aqueous fennel extract. *8*(2), 52.

Aydinol Sonmez, P., Ozcan, T. J. F. S., Technology. (2021). Assessment of structure and sensory characteristics of reduced fat yoghurt manufactured with carob bean gum polysaccharides. *42*.

Barakat, H., Hassan, M. F. J. F., Sciences, N. (2017). Chemical, nutritional, rheological, and organoleptical characterizations of stirred pumpkin-yoghurt. *8*(07), 746.

Barkhidarian, B., Roldos, L., Iskandar, M. M., Saedisomeolia, A., J. N. (2021). Probiotic supplementation and micronutrient status in healthy subjects: A systematic review of clinical trials. *13*(9), 3001.

J. J. o. t. s. (2020). Physico-Chemical, antioxidant activities, textural, and sensory properties of yoghurt fortified with different states and rates of pomegranate seeds (Punica granatum L.). *51*(3), 475-487.

Benmeziane, F., Raigar, R. K., Ayat, N. E.-H., Aoufi, D., Djermoune-Arkoub, L., J. L. (2021). Lentil (Lens culinaris) flour addition to yogurt: Impact on physicochemical, microbiological and sensory attributes during refrigeration storage and microstructure changes. *140*, 110793.

Osorio Galeas, M. L. (2020). *Estudio técnico de la incorporación de sistemas UAV como alternativa para la inspección de procesos en la industria alimenticia.* Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi: UTC.,

Bravo, K., Alzate, F., Osorio, E. J. I. C., Products. (2016). Fruits of selected wild and cultivated Andean plants as sources of potential compounds with antioxidant and anti-aging activity. *85*, 341-352.

Caicedo, C., Murillo, A., Pinzón, J., Peralta, E., (2010). INIAP-450 Andino: Variedad de Chocho (Lupinus mutabilis Sweet).

J. R. d. I. V. d. P. (2020). Características nutritivas de un ensilado líquido de banano orito (Musa acuminata AA) con tubérculos de taro (Colocasia esculenta (L.) Schott) y su efecto en cerdos de posdestete. *31*(1).

Caligari, P., Römer, P., Rahim, M., Huyghe, C., Neves-Martins, J., (2000). *The potential of Lupinus mutabilis as a crop.* Paper presented at the Linking Research and Marketing Opportunities for Pulses in the 21st Century: Proceedings of the Third International Food Legumes Research Conference.

M. (2021). Chapter Eight - Aroids as underexplored tubers with potential health benefits. In F. Toldrá (Ed.), *Advances in Food and Nutrition Research* (Vol. 97, pp. 319-359): Academic Press.

Campo, C., Assis, R. Q., da Silva, M. M., Costa, T. M. H., Paese, K., Guterres, S. S., . . . Flôres, S. H. J. F. C. (2019). Incorporation of zeaxanthin nanoparticles in yogurt: Influence on physicochemical properties, carotenoid stability and sensory analysis. *301*, 125230.

Campos, D., Chirinos, R., Gálvez Ranilla, L., (2018). Chapter Eight - Bioactive Potential of Andean Fruits, Seeds, and Tubers. In F. Toldrá (Ed.), *Advances in Food and Nutrition Research* (Vol. 84, pp. 287-343): Academic Press.

Pedreschi, R. (2018). Bioactive potential of Andean fruits, seeds, and tubers. In *Advances in food and nutrition research* (Vol. 84, pp. 287-343): Elsevier.

Carvajal-Larenas, F. (2013). *Managing technological aspects of Lupinus mutabilis from a food sovereignty perspective in Ecuador.* Ph. D. dissertation].[Wageningen (NL)]: Wageningen University,

Carvajal-Larenas, F., Linnemann, A., Nout, M., Koziol, M., Van Boekel, M. J. C. R. i. F. S., Nutrition. (2016). Lupinus mutabilis: composition, uses, toxicology, and debittering. *56*(9), 1454-1487.

Ramos, F. J. M. n. (2009). Formulación y elaboración preliminar de un yogurt mediante sustitución parcial con harina de tarwi (" Lupinus mutabilis sweet"). *3*(1), 5-12.

Chand, P., Kumar, M. D., Singh, A. K., Deshwal, G. K., Rao, P. S., Tomar, S. K., . . . Preservation. (2021). Low-calorie synbiotic yoghurt from indigenous probiotic culture and combination of inulin and oligofructose: Improved sensory, rheological, and textural attributes. *45*(4), e15322.

Chandan, R. C., Gandhi, A., P. (2017). Yogurt: Historical background, health benefits, and global trade. In *Yogurt in health and disease prevention* (pp. 3-29): Elsevier.

prevention, d. (2017). An overview of yogurt production and composition. 31-47.

Chen, X. (2016). Fortification of Yogurt with Chickpea Flour EnhancesOverall Quality of Yogurt.

Chen, X., Singh, M., Bhargava, K., Ramanathan, R. J. J. o. t. A. O. C. S. (2018). Yogurt fortification with chickpea (Cicer arietinum) flour: Physicochemical and sensory effects. *95*(8), 1041-1048.

Guillén, B. J. S. (2023). *Análisis de Alimentos. Fundamentos y Técnicas*: UNAM, Facultad de Química.

Chirinos-Arias, M. C. (2015). Andean Lupinun (*Lupinus mutabilis Sweet*) a plant with nutraceutical and medicinal potencial. *Revista Bio Ciencias, 3* 163-172.

Ciruelos Peral, L. (2019). Caracterización físico química y sensorial de diversos productos lácteos y nivel de aceptación del consumidor.

Cordero-Clavijo, L. M., Serna-Saldívar, S. O., Lazo-Vélez, M. A., González, J. F. A.-., Panata-Saquicilí, D., Briones-Garcia, M. J. J. o. F. M., Characterization. (2021). Characterization, functional and biological value of protein-enriched defatted meals from sacha inchi (Plukenetia volubilis) and chocho (Lupinus mutabilis). *15*, 5071-5077.

Côté, C., Germain, I., Dufresne, T., 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? *, 50*(2), 95-103.

Czubinski, J., Grygier, A., https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.103875

https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.03.058

Delikanli, B., Ozcan, T. J. J. o. F. P., Preservation. (2017). Improving the textural properties of yogurt fortified with milk proteins. *41*(5), e13101.

El-Attar, A., Ahmed, N. E.-H., El-Soda, M., Zaki, S. M. J. F., Sciences, N. (2022). The Impact of Sweet Potato Flour Supplementation on Functional and Sensorial Properties of Yoghurt. *13*(4), 404-423.

El-Attar, A., El-Hoda Ahmed, El-Soda, M., Zaki, S. (2022). The Impact of Sweet Potato Flour Supplementation on Functional and Sensorial Properties of Yoghurt. doi:10.4236/fns.2022.134030

EMR. (2023). Capitalize on fresh Possibilities Linkedin Retrieved from https://www.informesdeexpertos.com/informes/mercado-latinoamericano-del-yogur

Farag, M. A., Saleh, H. A., El Ahmady, S., Elmassry, M. M. (2022). Dissecting Yogurt: the Impact of Milk Types, Probiotics, and Selected Additives on Yogurt Quality. *Food Reviews International, 38*(sup1), 634-650. doi:10.1080/87559129.2021.1877301

Farag, M. A., Saleh, H. A., El Ahmady, S., M. J. F. R. I. (2022). Dissecting yogurt: The impact of milk types, probiotics, and selected additives on yogurt quality. *38*(sup1), 634-650.

Felfoul, I., Borchani, M., Samet-Bali, O., Attia, H., J. J. o. N. S. (2017). Effect of ginger (Zingiber officinalis) addition on fermented bovine milk: Rheological properties, sensory attributes and antioxidant potential. *44*(3), 2400-2409.

Foutohi, F., Manafi Dizaj Yekan, M. (2021). Production of functional low-fat yogurt fortified with flaxseed flour %J Journal of food science and technology(Iran). *18*(114), 277-289. doi:10.52547/fsct.18.114.277

Fuentes, C., Perez-Rea, D., Bergenståhl, B., Carballo, S., Sjöö, M., https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.12.120

Gabur, I., Simioniuc, D. P. (2023). Chapter 16 - Pearl lupin (Lupinus mutabilis): a neglected high protein and oil content crop. In M. Farooq H. M. Siddique (Eds.), *Neglected and Underutilized Crops* (pp. 413-436): Academic Press.

Gélébart, P., Riaublanc, A., Famelart, M.-H., Jonchère, C., Beaumal, V., Anton, M., J. F. H. (2019). Protein aggregates modulate the texture of emulsified and acidified acid milk gels. *93*, 176-188.

GHAN JR, H. T., KAO-JAO, T. H. C., Nakayama, T. J. J. o. F. S. (1977). Anthocyanin composition of taro. *42*(1), 19-21.

Gonzalez, M. C., Hurtado, Y. R., Muñoz, L. G. L. J. A. H. (2021). Evaluación de una emulsión alimentaria tipo aceite en agua estabilizada con proteína vegetal del grano de amaranto (amaranthus lividus). *29*(56), 15-28.

Gotor, E., Bellon, A., Polar, V., J. J. o. I. D. (2017). Assessing the benefits of Andean crop diversity on Farmers' livelihood: Insights from a development Programme in Bolivia and Peru. *29*(7), 877-898.

Gutierrez-Castillo, C., Alcázar-Alay, S., Vidaurre-Ruiz, J., Correa, M. J., Cabezas, D. M., Repo-Carrasco-Valencia, R., . . . International, T. (2022). Effect of partial substitution of wheat flour by quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) and tarwi (Lupinus mutabilis Sweet) flours on dough and bread quality. 10820132221106332.

Hafiizha, A., Kayaputri, I. L., Tensiska, T., R. J. J. I. d. T. H. T. (2020). The effect of skim milk concentration on sensory quality and PH of probiotic yoghurt added with red dragon fruit (Hylocereus polyrhizus). *15*(1), 52-60.

Hasneen, D. F., Zaki, N. L., Abbas, M. S., Soliman, A. S., Ashoush, I. S., Fayed, A. E. J. A. o. A. S. (2020). Comparative evaluation of some herbs and their suitability for skimmed milk yoghurt and cast Kariesh cheese fortification as functional foods. *65*(1), 6-12.

https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.03.037

Himeda, M., Njintang, Y., Gaiani, C., Nguimbou, R., Scher, J., Facho, B., . . . technology. (2014). Physicochemical and thermal properties of taro (Colocasia esculenta sp) powders as affected by state of maturity and drying method. *51*, 1857-1865.

Kaushal, P., Kumar, V., K. (2015). Utilization of taro (Colocasia esculenta): a review. *Journal of Food Science and Technology, 52*(1), 27-40. doi:10.1007/s13197-013-0933-y

https://doi.org/10.3168/jds.2019-17117

Suganthi, A. (2017). Biochemical and phytochemical analysis of *Colocasia esculent*a (L.) Schott tubers *International Journal of Research in Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*.

Krisnaningsih, A. T., Radiati, L. E., Evanuarini, H., Rosyidi, D. J. C. R. i. N., Science, F. (2019). The effect of incubation time to the physicochemical and microbial properties of yoghurt with local taro (colocasia esculenta (l.) Schott) starch as stabilizer. *7*(2), 547.

Sifuentes, A. (2019). Optimización de la sustitución parcial de harina de trigo (triticum aestivum) por harina de tarwi (lupinus mutabilis) y harina de kiwicha (amaranthus caudatus) en galletas tipo cookie destinados a niños en edad escolar.

Laiho, S., Williams, R. P. W., Poelman, A., Appelqvist, I., https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.01.017

Laxminarayana, K. (2020). Bio-chemical Constituents, Value Addition and Alternative Uses of Colocasia (*Colocasia esculenta L.*). *Acta Scientific Agriculture, 4(3)*, 01-11. doi:10.31080/ASAG.2020.04.0819

Lebot, V., Ivančič, 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

Leidi, E. O., Altamirano, A. M., Mercado, G., Rodriguez, J. P., Ramos, A., Alandia, G., . . . Jacobsen, S.-E. J. J. o. f. f. (2018). Andean roots and tubers crops as sources of functional foods. *51*, 86-93.

LV, P., HJ, S., ÁE, S., Salazar, D. J. A. J. o. F., Agriculture, Nutrition, FORTIFICATION OF LOW-FAT YOGURT WITH MELLOCO FLOUR (ULLUCUS TUBEROSUS): PHYSICOCHEMICAL AND RHEOLOGICAL EFFECTS. *22*(10).

Picard-Deland, E. J. T. A. j. o. c. n. (2014). Yogurt consumption and impact on health: focus on children and cardiometabolic risk. *99*(5), 1243S-1247S.

Mazariegos-Sánchez, A. J. A. P. (2017). CULTIVO DE MALANGA (Colocasia esculenta Schott) EN TUXTLA CHICO, CHIAPAS, MÉXICO. *10*(3).

Mendes, A. H. d. L., Dionísio, A. P., Mouta, C. F. H., Abreu, F. A. P. d., Pinto, C. O., Garruti, D. d. S., Araújo, I. M. J. B. J. o. F. T. (2019). Sensory acceptance and characterization of yoghurt supplemented with yacon syrup and cashew apple extract as a source of bioactive compounds. *22*.

Pontonio, E. J. F. (2023). Design of a Plant-Based Yogurt-Like Product Fortified with Hemp Flour: Formulation and Characterization. *12*(3), 485.

Moschopoulou, E., Sakkas, L., Zoidou, E., Theodorou, G., Sgouridou, E., Kalathaki, C., . . . Moatsou, G. J. I. d. j. (2018). Effect of milk kind and storage on the biochemical, textural and biofunctional characteristics of set-type yoghurt. *77*, 47-55.

Mousavi, M., Heshmati, A., Daraei Garmakhany, A., Vahidinia, A., Taheri, M. J. F. s., nutrition. (2019). Texture and sensory characterization of functional yogurt supplemented with flaxseed during cold storage. *7*(3), 907-917.

materials, R. (2022). Development of plant-based yogurt. *10*(2), 274-282.

Newswire, G. (2023). Mercado de yogur a base de plantas: pronósticos de 2023 a 2028. Retrieved from https://www.globenewswire.com/en/news-release/2023/04/26/2655361/28124/en/Global-Plant-Based-Yogurt-Market-Report-2023-Sector-is-Expected-to-Reach-6-8-Billion-by-2028-at-a-CAGR-of-22-81.html

Nguyen, H. T., Afsar, S., J. F. R. I. (2018). Differences in the microstructure and rheological properties of low-fat yoghurts from goat, sheep and cow milk. *108*, 423-429.

NTE INEN 9. (2012). Leche cruda. Requisitos

NTE INEN 488. (2014). Leche. Determinación del contenido de grasa https://ia801406.us.archive.org/19/items/ec.nte.0012.1973/ec.nte.0012.1973.pdf

NTE INEN 0013. (2012). Leche. Determinación de la acidez titulable *Association of Analytical Communities*.

NTE INEN 701. (2009). Leche larga vida. Requisitos

Núñez, C. L. M., Saavedra, C. N. (2019). *Efecto de la carragenina y la sacarosa en la actividad de agua del yogur.* Paper presented at the Anales Científicos.

Olivares, M. L., Shahrivar, K., https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.10.015

(2014). Status of cocoyam (Colocasia esculenta and Xanthosoma spp) in West and Central Africa: production, household importance and the threat from leaf Blight. 1-39.

Otekunrin, O. A., Sawicka, B., Adeyonu, A. G., Otekunrin, O. A., Rachoń, L. J. S. (2021). Cocoyam [Colocasia esculenta (L.) Schott]: exploring the production, health and trade potentials in Sub-Saharan Africa. *13*(8), 4483.

J. J. o. f. e. (2019). Physiochemical properties of modified starch under yogurt manufacturing conditions and its relation to the properties of yogurt. *245*, 11-17.

Parra-Gallardo, G., Quimbiulco-Sánchez, K., Salas-Sanjuán, M. d. C., del Moral, F., L. J. F. (2023). Alternative Development and Processing of Fermented Beverage and Tempeh Using Green Beans from Four Genotypes of Lupinus mutabilis. *9*(7), 590.

Preservation. (2019). Preparation of low calorie and shelf-life extended yogurt by mixing wood apple powder in the formulation. *43*(12), e14267.

Paucar Apugllón, J. A. (2013). *Elaboración de un recetario gourmet, con valores nutricionales, a base de amaranto, chocho, jícama y quinua, en la ciudad de Ambato.*

Payton, E., Khubchandani, J., Thompson, A., H. J. J. o. c. h. (2017). Parents' expectations of high schools in firearm violence prevention. *42*, 1118-1126.

Arteaga, J. J. I. J. o. F. E. (2021). Fermented Drink of Whey Enriched with Different Portions of Tarwi (Lupinus Mutabilis). *7*(1).

Rashmi, D., Raghu, N., Gopenath, T., Palanisamy, P., Bakthavatchalam, P., Karthikeyan, M., . . . Basalingappa, K. (2018). Taro (Colocasia esculenta): an overview. *Journal of Medicinal Plants Studies, 6*(4), 156-161.

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

Repo-Carrasco-Valencia, R. (2020). *Nutritional value and bioactive compounds in Andean ancient grains.* Paper presented at the Proceedings.

Salazar, D., Arancibia, M., Ocaña, I., Rodríguez-Maecker, R., Bedón, M., López-Caballero, M. E., Montero, M. P. J. A. (2021). Characterization and technological potential of underutilized ancestral andean crop flours from Ecuador. *11*(9), 1693.

Sameen, A., Mushtaq, B. S., Hussain, M. B., Javed, A., Plygun, S., Korneeva, O., . . . Sciences, F. (2019). Development and evalutation of yogurt supplemented with lentil flour. *8*(4).

Santillan, P. S., Sandoval M, L. A. (2021). Impact of COVID-19 in dairy products consumption in Ecuador.

Say, D., Soltani, M., J. M. č. z. u. p. i. p. m. (2020). Tekstura, boja i senzorska svojstva nemasnog jogurta s dodatkom tara gume ili kombinacije tara gume i mlaćenice u prahu. *70*(4), 313-324.

Sekhavatizadeh, S. S., Mirzaee, N., Golmakani, M.-T., Hosseinzadeh, S. J. J. o. m., biotechnology, (2022). Physicochemical and sensory characteristics of Kashk as influenced by quinoa flour addition. *11*(5), e3438-e3438.

Shaheryar, M., Afzaal, M., Nosheen, F., Imran, A., Islam, F., Noreen, R., . . . Nutrition. (2023). Functional exploration of taro starch (Colocasia esculenta) supplemented yogurt.

Suca, G. R., Suca, C. A. (2015). Potencial del tarwi (Lupinus mutabilis Sweet) como futura fuente proteínica y avances de su desarrollo agroindustrial. *Revista Peruana De Química E Ingeniería Química,, 18(2)*, 55-71.

Tizghadam, P., Roufegari-nejad, L., Asefi, N., Jafarian Asl, P. J. J. o. F. M., Characterization. (2021). Physicochemical characteristics and antioxidant capacity of set yogurt fortified with dill (Anethume graveolens) extract. *15*, 3088-3095.

Chaves, J. B. P. J. R. C. d. N. (2012). Low-calorie yogurt added with yacon flour: Development and physicochemical evaluation. *39*(3), 65-71.

Vásquez, K. (2020). *ENRIQUECIMIENTO DE UNA BEBIDA LÁCTEA FERMENTADA (YOGUR) CON HARINA DE QUINUA (Chenopodium quinoa) Y BANANO (Musa paradisiaca).* UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR,

Walstra, P., Wouters, J., (2006). Dairy science and technology, ; CRC Taylor & Francis. In: Taylor & Francis: Boca Raton, FL, US, London, UK.

Wells, B. (2022). On agrobiodiversity, the Andes can teach the world much about crop conservation (commentary)

MONGABAY.

Yang, J. J., Yu, D., Xiang, Y.-B., Blot, W., White, E., Robien, K., . . . Lazovich, D. J. J. o. (2020). Association of dietary fiber and yogurt consumption with lung cancer risk: a pooled analysis. *6*(2), e194107-e194107.

Yáñez Díaz, M. I., Cantú Silva, I., González Rodríguez, H. J. T. L. (2018). Efecto del cambio de uso de suelo en las propiedades químicas de un vertisol. *36*(4), 369-379.

Zambrano, L. (2021). Guayaquil: La versatilidad del yogur natural gana más paladares. Retrieved from https://www.expreso.ec/guayaquil/versatilidad-yogur-natural-gana-paladares-114664.html

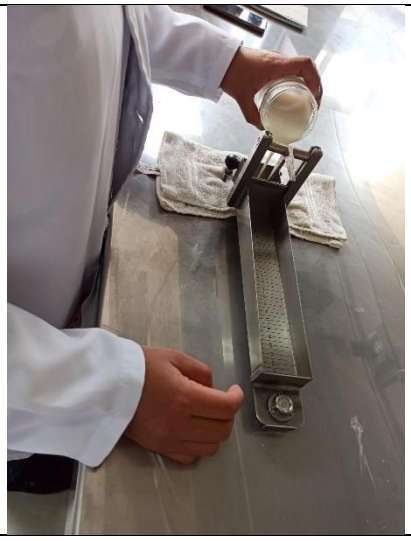
Zavaleta, A. I. (2018). *Lupinus mutabilis (tarwi). Leguminosa andina congran potencial industrial I*. Retrieved from https://fondoeditorial.unmsm.edu.pe/index.php/fondoeditorial/catalog/download/216/199/900-1?inline=1

ANEXOS

Anexo A. Elaboración del yogur desnatado con adición del 0.9 % de harinas de cultivos andinos.

Anexo B. Productos finales: yogur con harina de papa china y yogur con harina de chocho.

Anexo C. Determinación de viscosidad (A) y consistencia (B) en los yogures suplementados con harinas de cultivos andinos.

	
(A)	*(B)*

Anexo D. Hoja de Cata para el yogur control y con adición de harinas.

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERIA EN ALIMENTOS
PROYECTO
"Valorización de tubérculos andinos para la obtención de ingredientes alimentarios y su viabilidad. Concienciación de su valor nutritivo y funcional"

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 continue con la siguiente muestra.

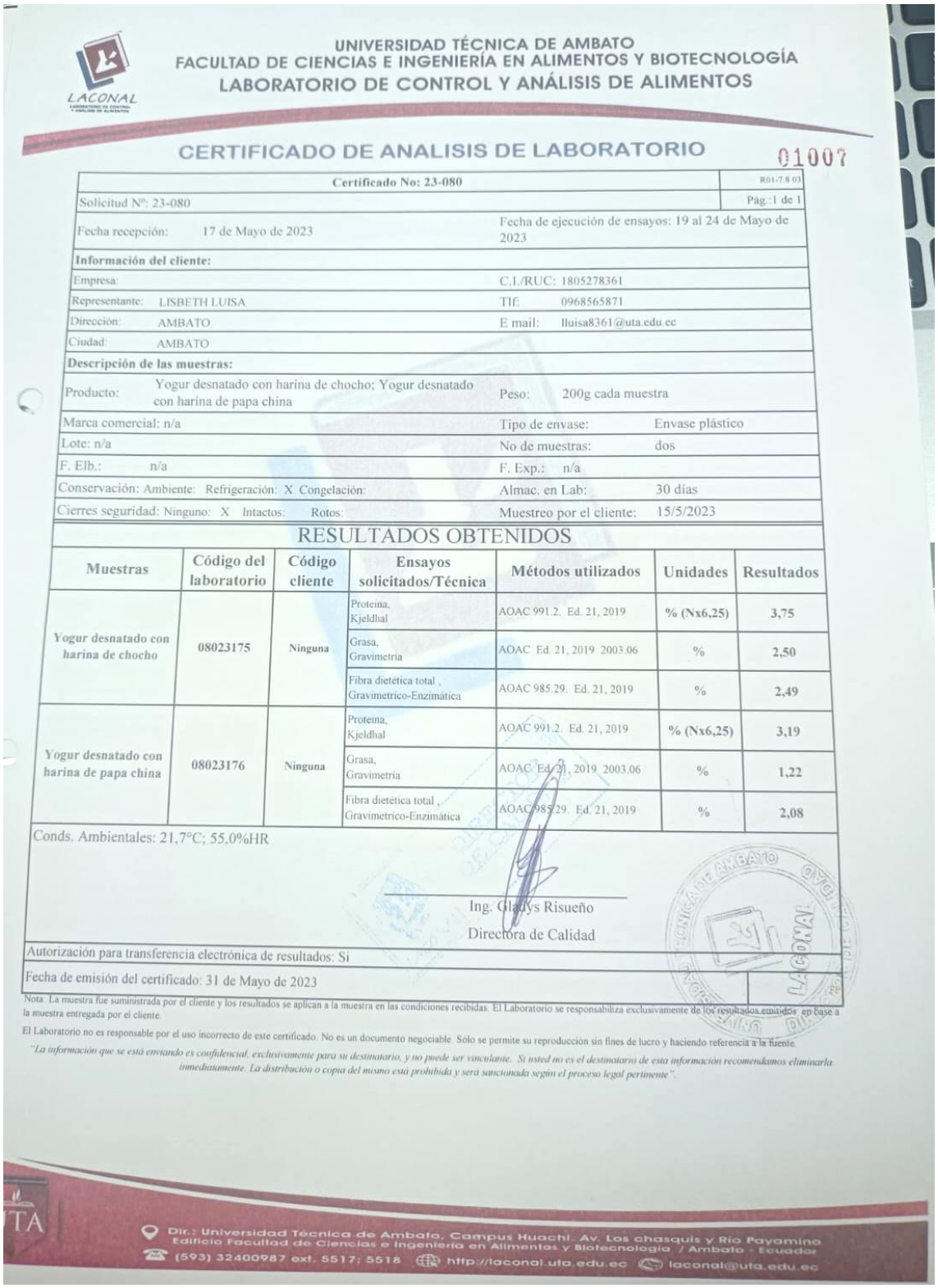
Característica	Alternativa	Muestras		
		Muestra 1 YD-001	Muestra 2 YDPC-002	Muestra 3 YDC-003
COLOR	1. Me disgusta mucho			
	2. Me disgusta			
	3. Ni me gusta ni me disgusta			
	4. Me gusta			
	5. Me gusta mucho			
OLOR	1. Me disgusta mucho			
	2. Me disgusta			
	3. Ni me gusta ni me disgusta			
	4. 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 E. Resultados LACONAL con adición de harinas



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

LACONAL

CERTIFICADO DE ANALISIS DE LABORATORIO

01007

Certificado No: 23-080			R01-7.8.03
Solicitud N°: 23-080			Pág.:1 de 1
Fecha recepción:	17 de Mayo de 2023	Fecha de ejecución de ensayos: 19 al 24 de Mayo de 2023	
Información del cliente:			
Empresa:		C.I./RUC: 1805278361	
Representante:	LISBETH LUISA	Tlf:	0968565871
Dirección:	AMBATO	E mail:	lluisa8361@uta.edu.ec
Ciudad:	AMBATO		
Descripción de las muestras:			
Producto:	Yogur desnatado con harina de chocho; Yogur desnatado 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:	15/5/2023

RESULTADOS OBTENIDOS

Muestras	Código del laboratorio	Código cliente	Ensayos solicitados/Técnica	Métodos utilizados	Unidades	Resultados
Yogur desnatado con harina de chocho	08023175	Ninguna	Proteína, Kjeldhal	AOAC 991.2. Ed. 21, 2019	% (Nx6,25)	3,75
			Grasa, Gravimetría	AOAC Ed. 21, 2019 2003.06	%	2,50
			Fibra dietética total , Gravimetrico-Enzimática	AOAC 985.29. Ed. 21, 2019	%	2,49
Yogur desnatado con harina de papa china	08023176	Ninguna	Proteína, Kjeldhal	AOAC 991.2. Ed. 21, 2019	% (Nx6,25)	3,19
			Grasa, Gravimetría	AOAC Ed. 21, 2019 2003.06	%	1,22
			Fibra dietética total , Gravimetrico-Enzimática	AOAC 985.29. Ed. 21, 2019	%	2,08

Conds. Ambientales: 21,7°C; 55,0%HR

Ing. Gladys Risueño
Directora de Calidad

Autorización para transferencia electrónica de resultados: Si

Fecha de emisión del certificado: 31 de Mayo de 2023

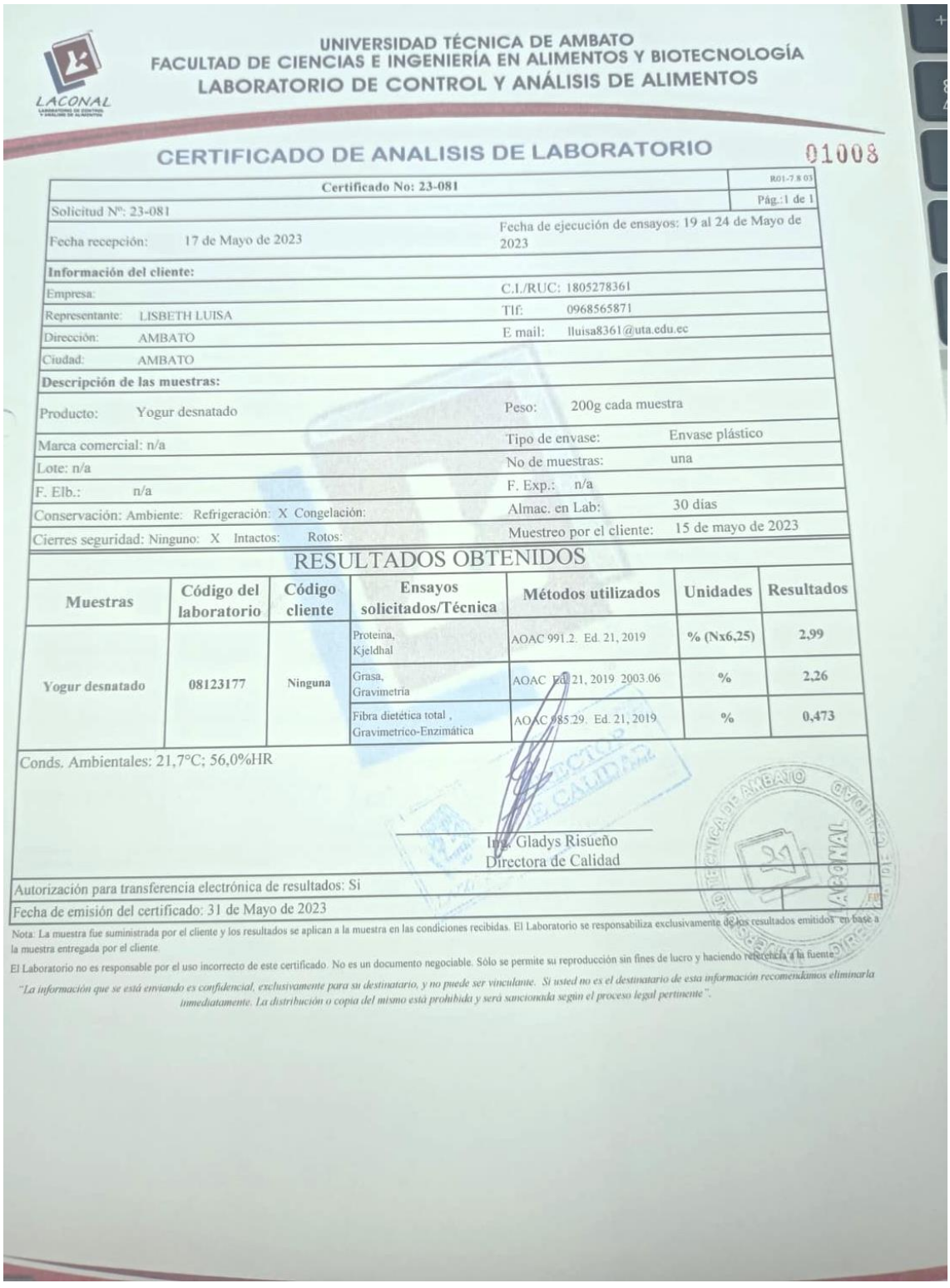
Nota: La muestra fue suministrada por el cliente y los resultados se aplican a la muestra en las condiciones recibidas. El Laboratorio se responsabiliza exclusivamente de los resultados emitidos en base a la muestra entregada por el cliente.

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

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

Dir.: Universidad Técnica de Ambato, Campus Huachi, Av. Los chasquis y Río Payamino
Edificio Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología / Ambato - Ecuador
(593) 32400987 ext. 5517; 5518 http://laconal.uta.edu.ec laconal@uta.edu.ec

Anexo F. Resultados LACONAL, yogur control.



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

LACONAL

CERTIFICADO DE ANALISIS DE LABORATORIO

01008

Certificado No: 23-081	R01-7.8.03
Solicitud Nº: 23-081	Pág.:1 de 1
Fecha recepción: 17 de Mayo de 2023	Fecha de ejecución de ensayos: 19 al 24 de Mayo de 2023
Información del cliente:	
Empresa:	C.I./RUC: 1805278361
Representante: LISBETH LUISA	Tlf: 0968565871
Dirección: AMBATO	E mail: lluisa8361@uta.edu.ec
Ciudad: AMBATO	
Descripción de las muestras:	
Producto: Yogur desnatado	Peso: 200g cada muestra
Marca comercial: n/a	Tipo de envase: Envase plástico
Lote: n/a	No de muestras: una
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 desnatado	08123177	Ninguna	Proteína, Kjeldhal	AOAC 991.2. Ed. 21, 2019	% (Nx6,25)	2,99
			Grasa, Gravimetría	AOAC Ed. 21, 2019 2003.06	%	2,26
			Fibra dietética total , Gravimetrico-Enzimática	AOAC 985.29. Ed. 21, 2019	%	0,473

Conds. Ambientales: 21,7°C; 56,0%HR

Ing. Gladys Riseño
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. Sólo se permite su reproducción sin fines de lucro y haciendo referencia a la fuente.

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