



Universidad Nacional Autónoma de Chota

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Unidad de Investigación

RESOLUCIÓN DE COORDINACIÓN N° 153-2023-FCA/UNACH

“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”



CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

La que suscribe, Directora de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, **hace constar** que el Informe Final de Tesis Titulado. “**Evaluación de las características sensoriales, propiedades fisicoquímicas y reológicas del yogurt griego elaborado con harina de *Tropaeolum tuberosum* (mashua)**”; desarrollado por la **Bach. Yuliza Ruiz Barboza** de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, **asesor: Mg. Martin Díaz Torres y coasesor: M. Sc. James Euler Villar Estrada**; presenta un **ÍNDICE DE SIMILITUD DEL 20%** sin incluir bibliografía; por lo tanto, cumple con el criterio de evaluación de originalidad establecido en el REGLAMENTO DE GRADOS Y TÍTULOS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA aprobado mediante RESOLUCIÓN DE COMISIÓN ORGANIZADORA N° 120-2022-UNACH.

Se expide la presente, a petición de la parte interesada para los fines que estime conveniente.

Chota, 17 de octubre de 2023.

Atentamente

Dra. Doris Elena Delgado Tapia
Directora de la Unidad de Investigación
de la Facultad de Ciencias Agrarias

IT-CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD-UIFCA YRB:"EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS SENSORIALES, PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS Y REOLÓGICAS DEL YOGURT GRIEGO ELABORADO CON HARINA DE TROPAEOLUM TUBEROSUM (MASHUA)"

INFORME DE ORIGINALIDAD

20%

INDICE DE SIMILITUD

20%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1 hdl.handle.net Fuente de Internet 2%

2 repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet 1%

3 repositorio.uta.edu.ec Fuente de Internet 1%

4 dspace.esPOCH.edu.ec Fuente de Internet 1%

5 repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet 1%

6 es.scribd.com Fuente de Internet 1%

7 repositorio.upec.edu.ec Fuente de Internet 1%

repositorio.esPAM.edu.ec

116	ri2.bib.udo.edu.ve:8080 Fuente de Internet	<1 %
117	somecta.org.mx Fuente de Internet	<1 %
118	tesis.ipn.mx Fuente de Internet	<1 %
119	vsip.info Fuente de Internet	<1 %
120	www.conmiautocaravana.com Fuente de Internet	<1 %
121	www.produccioncientificaluz.org Fuente de Internet	<1 %
122	www.tornadostore.com Fuente de Internet	<1 %
123	repositorio.uigv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
124	orcid.org Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Activo

Índice de similitud	Similitud según fuente	
20%	Internet Sources:	20%
	Publicaciones:	4%
	Trabajos del estudiante:	6%

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Facultad de Ciencias Agrarias

Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial



“Evaluación de las características sensoriales, propiedades fisicoquímicas y reológicas del yogurt griego elaborado con harina de *Tropaeolum tuberosum* (mashua)”

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE: INGENIERO
AGROINDUSTRIAL**

PRESENTADA POR:

Bach: Yuliza Ruiz Barboza

Asesor: Ing. Mg. Martin Díaz Torres

Co-Asesor: Ing. Mg. Sc. James Euler Villar Estrada

CHOTA – PERÚ

2023

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

ACTA N° 023-2023/EPIA - FCA/UNACH

Siendo las 11 horas con 15 minutos, del día 25 de Setiembre de 2023, los miembros del Jurado de Tesis titulada:

“Evaluación de las características sensoriales, propiedades fisicoquímicas y reológicas del yogurt griego elaborado con harina de *Tropeaolum tuberosum* (mashua)”, integrado por:

1. Ms. Augusto Antonio Mechato Anastasio- Presidente
2. Dra. Melina Luz Mary Cruzado Bravo- Secretario
3. Mg. Gina De La Cruz Calderón- Vocal

Sustentada por la Bach. Yuliza Ruiz Barboza, con la finalidad de obtener el grado de Ingeniero Agroindustrial en la Escuela de Profesional de Ingeniería Agroindustrial.

Terminada la sustentación, con las preguntas formuladas por los integrantes del Jurado y las respuestas otorgadas por el graduando, luego de deliberar, acuerdan Aprobar la tesis, calificándola con la nota de: 17 (diecisiete), se eleva la presente Acta al Coordinador de la Facultad de Ciencias Agrarias, a fin de que se le declare EXPEDITO para conferirle el grado de Ingeniero Agroindustrial.

Firmado en: Colpa Matara, 25 de setiembre del 2023.



.....
Ms. Augusto Antonio Mechato Anastasio

Presidente



.....
Dra. Melina Luz Mary Cruzado Bravo

Secretario



.....
Mg. Gina De La Cruz Calderón

Vocal

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional Autónoma de Chota, alma mater de mi formación como profesional, a las autoridades que velan por el desarrollo exhaustivo y sostenible de la comunidad universitaria, brindando los servicios básicos de calidad para forjar buenos profesionales.

A la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial (EPIA) por acogerme en sus ambientes y brindarme todos los servicios necesarios para el desarrollo integral de mi profesión durante diez ciclos.

A los docentes de la EPIA por su dedicación, orientación, paciencia y conocimientos compartidos durante los diez ciclos de mi formación profesional.

A mi asesor Mg. Martín Díaz Torre y Co-asesor Mg. Sc. James Euler Villar Estrada por ser los principales colaboradores, quienes con su dedicación y apoyo me permitieron concretar este objetivo académico.

A los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial (EPIA) por su dedicación, paciencia y conocimientos compartidos durante los 10 ciclos de mi formación profesional.

A las instituciones, amigos, familiares y conocidos que, con su apoyo brindado, contribuyeron a que se pueda concretar esta investigación.

Yuliza Ruiz Barboza

DEDICATORIA

Al divino creador por darme la vida, la salud, la fortaleza y sabiduría durante mi formación profesional, por haber sido mi soporte, mi guía espiritual y amigo incondicional durante las diferentes situaciones que se me presentaron en este trayecto.

A mi papá Terencio Ruiz Cubas, por ser mi héroe sin capa, uno de mis mayores orgullos, por su ejemplo de trabajo y superación, por su amor y apoyo incondicional desde el momento en que me tuvo en sus brazos, por su confianza inquebrantable hacia mi persona, por inculcarme valores que me han permitido ser cada día mejor y por enseñarme que las cosas salen mejor si se realizan con paciencia y dedicación.

A mi mamá Amelida Barboza Bustamante, por ser mi ejemplo a seguir, por su apoyo incondicional, amor y paciencia interminable, por estar conmigo en los mejores y peores momentos de mi vida, por haberme tendido la mano y haberme dado el aliento necesario para poder seguir adelante, por sus consejos y enseñanzas que siempre llevaré conmigo durante toda mi vida.

A mi hermana Deisy Ruiz Barboza por haber cuidado de mi desde que llegué a este mundo, por cada momento compartido, por sus consejos y enseñanzas que me han ayudado a ser cada día mejor, como también, por su apoyo incondicional durante mi formación profesional y ejecución de mi proyecto de tesis.

Yuliza Ruiz Barboza

ÍNDICE DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTO	I
DEDICATORIA.....	II
ÍNDICE DE TABLAS.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
RESUMEN	11
ABSTRACT	12
CAPÍTULO I.....	13
INTRODUCCIÓN.....	13
CAPÍTULO II.....	15
MARCO TEÓRICO	15
2.1. Antecedentes	15
2.2. Bases teóricas.....	18
2.2.2. Leches Fermentadas	22
2.2.3. Yogurt griego	23
2.2.4. Yogurt griego con incorporación de harina o fibra.....	27
2.2.5. Fermentación.....	28
2.2.6. Bacterias ácido lácticas (BAL).....	28
2.2.7. Propiedades reológicas de los alimentos.....	31
2.2.8. Propiedades reológicas del yogurt griego	32
2.3. Marco conceptual.....	32
2.3.1. Tubérculos Andinos	32
2.3.2. Aceptabilidad	33
2.3.3. Propiedades Reológicas.....	33

2.3.4.	Esfuerzo de corte o tensión de fluencia inicial.....	33
2.3.5.	Viscosidad.....	33
2.3.6.	Check all that apply (CATA).....	34
2.3.7.	Consumidores.....	34
CAPÍTULO III		35
MARCO METODOLÓGICO		35
3.1.	Ubicación.....	35
3.2.	Población y muestra.....	35
3.2.1.	Población.....	35
3.2.2.	Muestra.....	35
3.3.	Equipos, materiales e insumos.....	35
3.3.1.	Equipos.....	35
3.3.2.	Materiales	36
3.4.	Metodología de investigación	37
3.4.1.	Obtención de harina de <i>Tropaeolum tuberosum</i> (mashua)	37
3.4.2.	Análisis de leche cruda.....	39
3.4.3.	Proceso de Elaboración de Yogurt Griego.....	41
3.4.4.	Evaluación fisicoquímica del yogurt griego.....	43
3.4.5.	Análisis reológicos del yogurt griego	46
3.4.6.	Evaluación de las Características Sensoriales del Yogurt Griego...	47
3.5.	Análisis estadístico	48
CAPÍTULO IV		50
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		50
4.1.	Obtención de la harina de mashua	50
4.2.	Análisis fisicoquímico de la leche de vaca	50

4.3.	Obtención de tratamientos de yogurt griego.....	51
4.4.	Propiedades fisicoquímicas del yogurt griego.....	51
4.4.1.	pH y acidez del yogurt griego.....	51
4.4.2.	Sinéresis del yogurt griego.....	54
4.4.3.	Contenido de proteína total del yogurt griego.....	56
4.5.	Propiedades reológicas del yogurt griego.....	58
4.5.1.	Tensión de fluencia del yogurt griego.....	58
4.5.2.	Viscosidad aparente del yogurt griego.....	61
4.6.	Características sensoriales del yogurt griego:.....	65
4.6.1.	Levantamiento de atributos del yogurt griego.....	65
4.6.2.	Aceptabilidad sensorial del yogurt griego mediante consumidores.	65
4.6.3.	Características sensoriales del yogurt griego mediante consumidores: CATA.....	67
CAPÍTULO V		72
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		72
CAPÍTULO VI.....		75
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		75
CAPÍTULO VII.....		91
ANEXOS		91

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	20
Composición química de cada 100 g de tubérculo de mashua	20
Tabla 2	26
Requisitos fisicoquímicos del yogurt	26
Tabla 3	26
Requisitos microbiológicos de identidad.....	26
Tabla 4	27
Microbiológicos.....	27
Tabla 5	27
Contaminantes	27
Tabla 6	48
Escala hedónica de nueve puntos	48
Tabla 7	50
Propiedades fisicoquímicas de leche cruda de vaca	50
Tabla 8	65
Perfil sensorial del yogurt griego elaborado con diferentes porcentajes de harina de mashua.....	65
Tabla 9	105
Data de análisis reológicos	105
Tabla 10	106
Data de los indicadores: tensión de fluencia inicial y viscosidad.....	106

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	19
Planta y tubérculos de mashua (<i>Tropaeolum tuberosum</i>)	19
Figura 2	21
Variedades de mashua	21
Figura 3	38
Diagrama de flujo del proceso de elaboración de harina de <i>Tropaeolum tuberosum</i> (mashua).	38
Figura 4	41
Diagrama de flujo del proceso de producción del yogurt griego con harina de <i>Tropaeolum tuberosum</i> (mashua)	41
Figura 5	52
Análisis del pH y acidez del yogurt griego durante la etapa de almacenamiento.	52
Figura 6	54
Análisis del porcentaje de sinéresis del yogurt griego durante la etapa de almacenamiento	54
Figura 7	56
Contenido proteico del yogurt griego.....	56
Figura 8	59
Efecto de la velocidad de deformación frente a la tensión de fluencia inicial del yogurt griego	59
Figura 9	60
Efecto del porcentaje de harina de mashua sobre la tensión de fluencia del yogurt griego	60
Figura 10	62
Análisis de la viscosidad del yogurt griego frente a la velocidad de deformación (1/s). 62	

Figura 11	63
Evaluación del efecto del porcentaje de harina de mashua sobre la viscosidad del yogurt griego.	63
Figura 12	66
Aceptabilidad de los tratamientos de yogurt griego	66
Figura 13	68
Análisis de correspondencia de los atributos del yogurt griego en la primera y segunda dimensión según el método CATA	68
Figura 14	70
Análisis de coordenadas principales de los atributos de los yogures griegos en función a la aceptación	70
Figura 15	98
Recepción, lavado y desinfección de los tubérculos de mashua	98
Figura 16	98
Acondicionado de la materia prima (mashua) y deshidratado de la misma para eliminar el agua presente en el tubérculo.....	98
Figura 17	99
Hojuelas de mashua deshidratadas	99
Figura 18	99
Análisis de la densidad de la leche cruda de vaca.	99
Figura 19	100
Proceso productivo del yogurt griego: etapa de pasteurización de la leche cruda de vaca	100
Figura 20	100

Incubación de los tratamientos de yogurt griego mediante el uso de una incubadora artesanal.....	100
Figura 21	101
Proceso de filtrado o desuerado de los tratamientos de yogurt griego	101
Figura 22	101
Envasado de yogurt griego en frascos de vidrio para posterior análisis fisicoquímico durante 20 días de almacenamiento.....	101
Figura 23	102
Almacenamiento de los cinco tratamientos de yogurt griego en temperatura de refrigeración.....	102
Figura 24	102
Análisis de pH de los cinco tratamientos de yogurt griego	102
Figura 25	103
Análisis de acidez de los tratamientos de yogurt griego mediante el método de acidez titulable.....	103
Figura 26	103
Análisis del grado de sinéresis de los tratamientos de yogurt griego mediante el método de centrifugación	103
Figura 27	104
Levantamiento de atributos del yogurt griego mediante el apoyo de 20 consumidores habituales del producto.....	104
Figura 28	104
Análisis sensorial de los tratamientos de yogurt griego mediante el apoyo de 100 consumidores.....	104
Figura 29	107

Fichas de ejecución de ensayos: contenido proteico de los tratamientos de yogurt griego,
reportados por la Universidad Nacional Agraria la Molina 107

RESUMEN

La presente investigación tuvo por objetivo principal evaluar las características sensoriales, propiedades fisicoquímicas y reológicas del yogurt griego elaborado con harina de *Tropaeolum tuberosum* (mashua), para ello se elaboraron cuatro formulaciones de yogurt griego con harina de mashua y una muestra control, dentro de los análisis fisicoquímicos se evaluó pH, acidez, sinéresis y proteína, como parte del análisis reológico se estudió el índice de tensión de fluencia inicial y la viscosidad y el análisis de características sensoriales se realizó utilizando una escala hedónica de 9 puntos y un cuestionario check all that apply - CATA. Se determinó valores de pH entre 4,11 y 4,26; los rangos de acidez de los tratamientos estuvieron entre 1,44% y 1,59%; el porcentaje de sinéresis fue 0,781% como el valor más bajo y 6,783% como el más alto, los valores del contenido proteico se encontraron entre 6,3% y 9,6%; del análisis reológico se determinó que los cinco tratamientos de yogurt griego presentaron el comportamiento de un fluido no newtoniano de tipo pseudoplástico y del análisis sensorial se determinó que los cinco tratamientos fueron muy bien aceptados por los consumidores, los cuales obtuvieron una ponderación de “Me gusta bastante”. Se concluye, que la incorporación de harina de mashua induce variaciones importantes en las características sensoriales, propiedades fisicoquímicas y reológicas del yogurt griego.

Palabras claves: Yogurt griego, mashua, viscosidad, Pseudoplástico, CATA, sinéresis y reología.

ABSTRACT

The main objective of this research was to evaluate the sensory characteristics, physicochemical and rheological properties of Greek yogurt made with *Tropaeolum tuberosum* (mashua) flour. For this purpose, four formulations of Greek yogurt with mashua flour and a control sample were prepared, within the physicochemical analysis pH, acidity, syneresis and protein were evaluated, as part of the rheological analysis the initial yield stress index and viscosity were studied and the analysis of sensory characteristics was carried out using a 9-point hedonic scale and a check all that questionnaire. apply - CATA. pH values between 4.11 and 4.26 were determined; The acidity ranges of the treatments were between 1.44% and 1.59%; the syneresis percentage was 0.781% as the lowest value and 6.783% as the highest, the protein content values were between 6.3% and 9.6%; From the rheological analysis it was determined that the five treatments of Greek yogurt presented the behavior of a non-Newtonian fluid of pseudoplastic type and from the sensory analysis it was determined that the five treatments were very well accepted by consumers, who obtained a weighting of "I like it." quite". It is concluded that the incorporation of mashua flour induces important variations in the sensory characteristics, physicochemical and rheological properties of Greek yogurt.

Keywords: Greek yogurt, mashua, viscosity, Pseudoplastic, CATA, syneresis and rheology.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Actualmente las tendencias en alimentos van hacia la búsqueda de lo saludable, y especialmente hacia la búsqueda de fuentes proteicas alternativas como parte de la dieta. Es por ello que el consumo de alimentos con alto valor nutricional y con propiedades bioactivas va cada vez más en aumento, debido a que el ser humano busca productos que no solo sean de excelente calidad si no también que brinden beneficios a su salud. El yogurt es uno de los productos con propiedades bioactivas más consumido a nivel mundial, debido a que aporta proteínas, vitaminas y minerales que ayudan con el buen funcionamiento del organismo del ser humano (Vera, 2011).

En este sentido, las proteínas del yogurt están consideradas de elevada digestibilidad, debido a los benéficos que generan las bacterias proteolíticas durante su fermentación, liberando péptidos y aminoácidos (Babio et al., 2017). Hoy en día la sociedad demanda productos alimenticios con un alto valor proteico, y existe una preferencia hacia la inclusión de aditivos antioxidantes y colorantes de fuentes naturales.

De hecho, se vienen desarrollando diversos estudios con el fin de mejorar las bondades nutricionales, características sensoriales y reológicas del yogurt, esto mediante el aprovechamiento de sub productos como: semillas y cascara de pitajaya, fibra de naranja, cascara de tuna, semilla de palta, entre otros (Díaz y Villa , 2021; Sendra et al., 2010; Doumenz, 2017; Cárdenas, 2021) y materias primas alternativas como olluco, oca, mashua, entre otros (Sánchez, 2018; Parra, 2015; Castillo y Escudero, 2010; Pilataxi, 2016), que en la actualidad se comercializan en estado fresco o son desechados y no se le da un valor agregado adecuado.

El Perú, cuenta con diferentes cultivos andinos de alto valor nutricional y con propiedades medicinales, los cuales pueden ser utilizados para mejorar las propiedades

sensoriales y nutricionales de los productos lácteos; uno de ellos es la mashua (*Tropaeolum tuberosum*) que se caracteriza por ser un tubérculo rico en vitamina C, fibra, carbohidratos, minerales, proteínas y calorías, además contiene isotiocianatos con propiedades antibióticas, insecticidas, nematocidas, diuréticas y anticancerígenas que ayudan en la prevención de enfermedades crónicas como el cáncer de colon, de piel y de próstata (Manrique *et al.*, 2013; Agencia Agraria de Noticias, 2018).

La provincia de Chota se identifica por ser uno de los lugares donde se realiza el cultivo de mashua, debido a que cuenta con pisos ecológicos y condiciones edafoclimáticas favorables para el desarrollo de este cultivo; es por ello que esta investigación tuvo por objetivo principal evaluar las características sensoriales, propiedades fisicoquímicas y reológicas del yogurt griego elaborado con harina de *Tropaeolum tuberosum* (mashua), con el fin de aprovechar las bondades del tubérculo y como objetivos específicos: Obtener la harina de *Tropaeolum tuberosum* (mashua), elaborar el yogurt griego con diferentes concentraciones de harina de *Tropaeolum tuberosum* (mashua), analizar las propiedades fisicoquímicas del yogurt griego elaborado con diferentes concentraciones de harina de *Tropaeolum tuberosum* (mashua), evaluar las propiedades reológicas del yogurt griego elaborado con diferentes concentraciones de harina de *Tropaeolum tuberosum* (mashua) y determinar mediante un análisis sensorial cuál de los tratamientos presentan mayor aceptación por parte de los consumidores.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

En España, Coronel (2018), realizó un estudio con el fin de estudiar el efecto de la harina de quínoa (*Chenopodium quinoa*), respecto a las propiedades fisicoquímicas, reológicas y microbiológicas de leches fermentadas. Donde obtuvo harina de quínoa tostada, lavada y cocida, con lo cual elaboró cuatro tratamientos con harina y una muestra control. Determinó que los valores de pH disminuyeron y la acidez incrementó durante los 21 días de almacenamiento, con relación al porcentaje de sinéresis encontró diferencias significativas, además se observó que a mayor proporción de harina de quínoa, menor fue el grado de sinéresis en el yogurt; del análisis reológico se determinó que los yogures presentaron el comportamiento de un fluido no newtoniano de tipo pseudoplástico, y que el porcentaje de harina produce variaciones más visibles en la viscosidad utilizando una tasa de corte de 10 Hz, pero sin diferencias significativa, además las muestras con mayor aceptabilidad fueron aquellas con menor porcentaje de harina. Del estudio se concluye que la harina de quinua permite elaborar un producto con características microbiológicas, sensoriales y fisicoquímicas diferenciadas.

También en Ecuador, Sánchez (2018), realizó un estudio con el objetivo de estudiar el efecto de la incorporación de harina de melloco (*Ullucus Tuberosus*) sobre las propiedades fisicoquímicas y reológicas del yogurt bajo en grasa. Con la harina obtenida a partir de mellocos frescos, elaboró tres muestras de yogurt más una muestra control. Se encontró que el tratamiento con 0,9 % de harina de melloco tuvo mayor aceptabilidad por parte de los consumidores, el pH disminuyó y la acidez aumentó a medida que el periodo de almacenamiento incrementó, existiendo diferencias estadísticas; del análisis reológico determinó que la harina de melloco incrementa la viscosidad de las muestras y que el

producto elaborado presentó el comportamiento de un fluido pseudoplástico; el contenido de grasa, proteínas, cenizas y sólidos totales variaron por consecuencia de la adición de harina de melloco, presentando mayor contenido la muestra con 0,9% de esta sustancia. Del estudio se concluye que la incorporación de harina de melloco produce variaciones favorables en los parámetros fisicoquímicos, reológicos y sensoriales del yogurt.

Ramos et al., (2019), desarrollaron un estudio en Venezuela, con la finalidad de evaluar el grado de aceptación de un yogurt probiótico mediante consumidores. Elaboraron ocho tratamientos empleando dos cepas silvestres y dos cantidades de gelatina y mermelada de fresa; utilizaron un análisis de intensidad (escala hedónica de 9 puntos) y un cuestionario CATA (seleccionar todo lo que aplica) para determinar si el producto era aceptado por los consumidores. Determinaron que las muestras elaboradas con mayor contenido de fresa presentaron mayor aceptabilidad con un puntaje de 7,7 y el producto ideal fue definido con sabor a fresa y yogurt, aroma a fresa, ácido, dulce y consistente. Del estudio concluyeron que el producto elaborado con cepas de *Lactobacillus plantarum*, 0,8% de gelatina y 30% de mermelada es económicamente viable, ya que presenta buena aceptación por parte del panel evaluador.

Díaz y Villa (2021), ejecutaron una investigación en Colombia con el objetivo de realizar un análisis sensorial y fisicoquímico de un yogurt elaborado con jalea, cáscara y semillas de pitahaya amarilla; con las sustancias anteriormente mencionadas elaboraron cuatro muestras de yogurt y una muestra control. Determinaron variaciones en el pH y acidez de los yogures por la variación en la formulación de cada uno de ellos; en cuanto al grado de sinéresis se determinó que la muestra elaborada con mayor porcentaje de fruta produjo mayor sinéresis en el producto: del análisis reológico determinaron que las cuatro muestras elaboradas con jalea, polvo de semillas y cascara de pitahaya presentaron mayor viscosidad y resistencia al flujo en comparación con la muestra control. Del estudio se

concluye que mediante el aprovechamiento de la jalea, semillas y cáscara de pitahaya amarilla se obtiene un producto con gran potencial en el mercado colombiano.

En México, Gutiérrez-Aguirre et al. (2022), ejecutó una investigación con el objetivo de elaborar un yogurt tipo griego de alto valor nutricional elaborado con harina de cáscara de plátano, donde formularon tres tratamientos con diferentes concentraciones de harina de plátano y un control. Encontraron que la muestra elaborada con 5% de harina de plátano tuvo mayor aceptación por parte del panel evaluador y que esta sustancia contribuyó de manera positiva en el valor nutricional del producto. Del estudio se concluye que la harina incorporada al yogurt provoca un efecto favorable en el nivel funcional y nutritivo del yogurt.

Toro (2017), realizó una investigación en la región de La Libertad con el fin el de analizar las características fisicoquímicas del yogurt griego fortalecido con harina de quinua variedad INIA *Salcedo*. Elaboró una muestra con harina de quinua y otra muestra control. Determinó que la inclusión de harina de quinua no produjo efectos significativos en el pH, acidez y grasas, pero sí produjo un ligero incremento en el contenido de caseínas, cenizas, proteínas y materia seca; el porcentaje de sinéresis del producto fue del 38,03%. Del estudio se concluye que la añadidura de harina de quinua produce variaciones en la mayoría de las variables evaluadas.

Por otro lado, en Junín, Castro y Montalvo (2019), desarrollaron un estudio con la finalidad de estudiar el efecto que genera la incorporación de fibra dietética de bagazo de naranja en las características fisicoquímicas, reológicas y sensoriales del yogurt. Elaboraron tres muestras con fibra y una muestra control; determinaron diferencias significativas en los valores de pH, acidez, humedad y proteína, siendo las muestras con 1,5 y 2% de fibra las que defirieron con los demás tratamientos y entre sí; del análisis reológico determinaron que las muestras presentaron el comportamiento de un fluido

pseudoplástico, existiendo variaciones significativas según el porcentaje de fibra incorporada; los yogures elaborados fueron muy bien aceptados por parte de los consumidores. Del estudio concluyeron que la fibra dietética contribuye de manera positiva en las propiedades físicas y químicas, sensoriales y reológicas del yogurt.

También en la región de Junín, Cárdenas (2021), desarrolló una investigación que tuvo por fin evaluar el efecto de la adición de harina extruida de semilla de palta (*Persea americana*) en la funcionalidad del yogurt. Elaboró tres tratamientos con diferentes porcentajes de harina y un control. Determinó que durante los diez días de almacenamiento el pH disminuyó y la acidez incrementó, tanto en el tratamiento control como en los 3 tratamientos con harina de palta; el contenido de proteína, cenizas, fibra y grasas aumentó a medida que se incrementó el porcentaje de harina, sin embargo, no ocurrió lo mismo con el contenido de carbohidratos y humedad; del análisis reológico determinó que la viscosidad aparente disminuyó frente a la velocidad de deformación lo que evidenció que todas las muestras presentaron el comportamiento de un fluido No Newtoniano; el tratamiento con 1% de harina presentó mayor aceptabilidad en las características de color, aroma, sabor y textura. Del trabajo se concluye que la harina extruida de pepa de palta influye de manera positiva en la funcionalidad del yogurt.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Mashua (*Tropaeolum tuberosum*)

La mashua es un cultivo andino que también se conoce como mashwa, isaño, aña, cubio, etc. Es un tubérculo autóctono del territorio andino, viene siendo consumido desde hace más de 7500 años, está distribuido en países como Colombia, Argentina, Nueva Zelanda, Canadá, Bolivia y Perú, la mayor parte de áreas de plantación de este cultivo se encuentran en Perú y Bolivia; es cultivado junto con otros tubérculos como la papa, la oca y el olluco entre los 2400 a 4300 msnm, además se cultiva a bajas temperaturas y en

suelos pobres, sin la necesidad del uso de pesticidas o fertilizantes, debido a que es resistente a insectos y plagas, es por ello que lo utilizan como perímetro para la defensa de otros cultivos, su período de producción es de seis a nueve meses y se obtiene mayores rendimientos en comparación con otros cultivos andinos (Manrique et al., 2013).

2.2.1.1. Descripción Botánica. La mashua es una planta herbácea perenne de tallos cilíndricos y rastreros, tiene un follaje tupido con hojas de color verde oscuro en el haz y más claras en el envés, esto le permite competir con las malas hiervas, las hojas tienen forma redondeada y el peciolo inserto en el centro de las mismas, posee flores de diferentes colores que van desde anaranjado a rojo oscuro, el número de estambres varían de 8 a 13, los tubérculos tienen forma cónica alargada de yemas profundas y miden de 5 a 15 cm de largo, poseen diferentes colores como el morado, blanco, rojizo, morado, gris, amarillo y negro, los mismos que tienen un sabor acre y picante (Samaniego, 2010).

A continuación, en la figura 1 se muestran plantas y tubérculos de la mashua.

Figura 1

Planta y tubérculos de mashua (Tropaeolum tuberosum)



Nota. Adaptado de Manrique et al. (2013).

2.2.1.2. Composición Química y Nutricional. Algunas variedades de mashua se caracterizan por su contenido importantes de micronutrientes, como vitamina A, vitamina C (77 mg en 100 gramos de materia fresca comestible) y carotenos (Espín, 2013).

Además, contiene cantidades importantes de proteínas (mayores a la oca, olluco y papa), ácido ascórbico, carbohidratos, fibra y calorías; también contiene isotiocianatos que son compuestos químicos que se obtienen producto de la hidrólisis de los glucosinolatos, estos compuestos son los encargados de otorgarles el sabor picante a los tubérculos, como también son los que le confieren las propiedades nematocidas, anticancerígenas, antibióticas y diuréticas a la mashua (Manrique et al., 2013; Medina, 2020).

A continuación, en la tabla 1 se detalla la composición nutricional del tubérculo de mashua.

Tabla 1

Composición química de cada 100 g de tubérculo de mashua

Componente	Composición
Energía	52 kcal
Agua	87,4 g
Proteínas	1,5 g
Grasas	0,7 g
Carbohidratos totales	9,8 g
Fibra cruda	0,9 g
Cenizas	0,6 g
Calcio	12 mg
Hierro	1,0 mg
Vitamina A	12 ug

Nota. Espín (2013); Reyes et al. (2009).

2.2.1.3. Variedades de Mashua. Se han descubierto diferentes variedades de mashua con variaciones en las yemas, color de la piel y pulpa del tubérculo que van desde un amarillo claro hasta un color morado intenso. El Centro Internacional de la Papa (CIP) conservan 113 variedades de mashua, a continuación, se mencionan algunas de ellas con

el color sobresaliente y secundario de la parte externa del tubérculo: CIP 203015 (Mashua) amarillo naranja y púrpura, CIP 203002 (Blanquita chica) amarillo claro, CIP 203003 (Tuquita) marrón y amarillo, CIP 203005 (Ojito de vaca) amarillo naranja y púrpura, CIP 203012 (Negra) marrón y amarillo, CIP 203013 (Llorona) amarillo intenso y rojo grisáceo, CIP 203020 (Yuracc wacca) blanco amarillento y púrpura, CIP 203037 (Canastera) amarilla naranja, etc. (Manrique et al., 2013). En la figura 2 se muestran algunas variedades de mashua.

Figura 2

Variedades de mashua



Nota. Adaptado de Manrique et al. (2013).

2.2.1.4. Propiedades Medicinales. Desde tiempos muy antiguos la mashua ha sido utilizada por su alto valor nutricional y forma parte de la medicina tradicional de los andes (Manrique et al., 2013); este tubérculo contiene isotiocianatos presentes como glucosinolatos, carotenoides, antocianinas, compuestos fenólicos y antioxidantes (Grau et al., 2003); además contiene polifenoles y flavonoides los cuales le confieren al tubérculo la capacidad de antioxidante (Behar et al., 2021).

Las personas que consumen de manera habitual este cultivo afirman que su consumo reduce los trastornos prostáticos, dolores renales y hepáticos y la función de reproducción de los hombres (Grau et al., 2003); también es utilizado para tratar úlceras

de la piel, como antioxidante, para tratar el posparto y la diabetes (Feliciano-Muñoz et al., 2021).

Este cultivo ha sido estudiado en diferentes áreas, sobresaliendo por su capacidad antioxidantes, por lo cual es utilizado para el tratamiento de enfermedades cardiovasculares, anemia, cálculos renales, para mejorar la visión y para combatir las enfermedades cancerígenas (Arteaga-Cano et al., 2022).

2.2.1.5. Usos. Desde la antigüedad la mashua es utilizada como alimento y como cultivo medicinal, la mayor parte de los tubérculos son utilizados para consumo familiar en la preparación de sopas o guisos, frituras, sancochadas, mezclada con verduras e incluso en dulces preparados como mermelada. En la actualidad es utilizada por especialistas gastronómicos en la elaboración de dulces, conservas y sopas, como también en forma de harina para la elaboración de pan (Food News Latam, 2016).

En los mercados se comercializan algunos productos de mashua como: té, harina para coladas y mermelada de mashau con guayaba (Samaniego, 2010).

2.2.2. Leches Fermentadas

Son productos obtenidos mediante un proceso de fermentación a partir de leche fresca, esto, por la acción de microorganismos que reducen el pH conllevando a una coagulación del medio, los microorganismos incorporados tienen que permanecer activos, viables y abundantes hasta la fecha mínima de estabilidad del producto” (Codex Stan, 2003).

2.2.2.1. Tipos de Leches Fermentadas

- a. Leche fermentada concentrada.** Este producto se caracteriza porque tiene un contenido mínimo de 5,6% de proteína, el cual ha sido incrementado antes o luego del proceso de fermentación, algunos de ellos son: el yogurt colado, Labneh, Ymer y Ylette” (Codex Stan, 2003).

- b. Leches fermentadas aromatizadas.** Este tipo de productos contienen como máximo el 50% (w/w) de ingredientes no lácteos como frutas, verduras, jugos, purés, patatas, cereales, chocolate, frutos secos, café, especias, carbohidratos y otros alimentos aromatizantes, estos pueden agregarse antes o luego de la fermentación” (Codex Stan, 2003, p. 2).

2.2.3. *Yogurt griego*

El yogurt es un producto lácteo coagulado obtenido de la fermentación láctica de leche o mezcla de ésta con productos procedentes de la fragmentación de la leche (concentrados de suero, caseinato, leche descremada en polvo) mediante la acción de *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* y *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, pudiendo estar acompañadas de otras bacterias benéficas para el producto, los microorganismos presentes el yogurt deben ser viables desde su inicio hasta la fecha mínima de duración del producto (Coronel, 2018).

El yogurt griego se obtiene mediante el filtrado de una parte del suero presente, su contenido de sólidos grasos deben estar entre 9 a 11% y los sólidos no grasos entre 21 a 23% (Hoyos y Montes, 2015); se caracteriza por presentar mayor contenido proteico que el yogurt convencional, como también por presentar una textura lisa, similar a un queso cremoso (Mori, 2017); según el Codex Alimentarius (2011) este producto pasa por un proceso de concentración con la finalidad de aumentar su contenido proteico en un mínimo de 5,6% después de la fermentación.

Los microorganismos utilizados en la elaboración del yogurt cumplen una función muy significativa en la obtención de yogurt, ya que son estas (bacterias lácticas) las encargadas de transformar la lactosa de la leche en ácido láctico, produciendo la acidificación del medio lo cual facilita la coagulación de la caseína de la leche dando como resultado el aroma, la consistencia y el sabor característico del yogurt (Vera, 2011).

Las bacterias utilizadas son el *Streptococcus thermophilus* que tienen un desarrollo eficiente entre 42 y 50 °C y son las encargadas de brindar la acidez característica al yogurt y el *Lactobacillus bulgaricus* el cual tiene un desarrollo favorable entre 37 y 42 °C y es el encargado de generar el aroma característico del yogurt (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2011).

2.2.3.1. Composición Química y Nutricional del Yogurt. Este producto aporta nutrientes fáciles de asimilar, dentro de estos se encuentran las vitaminas, minerales y proteínas, las cuales hacen del yogurt un alimento con alto valor biológico; el contenido de grasas y lactosa ayudan a que este producto sea fácil de digerir (Vera, 2011).

El yogurt es un producto que contiene macro y micronutrientes importantes para el organismo humano, dentro de ellos están: carbohidratos, la mayoría de ellos se presentan en forma de lactosa pero también en menor cantidad glucosa, galactosa, glucolípidos, glucoproteínas y oligosacáridos; proteínas (se caracterizan por su elevado valor biológico) como la caseína (α , β , κ y γ), α -lacto albúmina, β -lacto globulinas, inmunoglobulina; enzimas como proteasas, fosfatasa y lipasa, y metaloproteínas como la ceruloplasmina, transferrina y lactoferrina; ácidos grasos trans naturales; vitaminas como la riboflavina (B2), niacina (B3) y cobalamina (B12), A y D y minerales con el calcio, sodio, fósforo, magnesio, zinc y potasio (Babio et al. 2017).

2.2.3.2. Propiedades Fisicoquímicas y Organolépticas del Yogurt. Las propiedades físicas del yogurt como la viscosidad y la consistencia al momento de ser observadas y saboreadas por el consumidor determinan el rechazo o aceptabilidad del mismo, al cuajar debe tener una consistencia similar a la de un flan y al momento de cortarlo no debe haber desprendimiento de suero. Las características organolépticas del yogurt como el color, brillo, acidez, textura, sabor y aroma también influyen en el grado

de aceptación del producto (Vera, 2011). El yogurt griego se caracteriza por ser un producto denso, cremoso, compacto y ácido (Rojas y Vergara, 2022).

2.2.3.3. Beneficios del Consumo del Yogurt griego. La composición nutricional del yogurt está influenciada por diferentes factores como: la calidad de la leche, asociada al animal de procedencia, raza genética, alimentación, edad y proceso de fabricación; algunas investigaciones científicas reportan que el consumo de yogurt mejora los síntomas de intolerancia a la lactosa y facilita la digestión de la misma, logrando que en personas intolerantes disminuya los niveles de hidrógeno espirado después de una sobrecarga con lactosa; los péptidos presentes en el yogurt tienen propiedades antihipertensivas, antimicrobianas, inmunomoduladoras y previene la acumulación de grasa central, así mismo contiene grasas trans (AGT) que no aumentan los factores de riesgos cardiovasculares (Babio et al., 2017).

Las bacterias presentes en el yogurt son también conocidas como fermentos o cultivos de yogurt, estas son las responsables de los beneficios que concede el yogurt al cuerpo humano, como contribuir que la flora intestinal se mantenga en equilibrio o fortalecer las defensas contra infecciones, prevenir la diarrea del viajero, reducir las enzimas fecales, estimular el sistema inmunológico, reducir el colesterol, prevenir el cáncer de colon, etc. (Vera, 2011).

El consumo de yogurt griego aporta el doble de proteína que el yogurt batido y generalmente tiene menos calorías y menor cantidad de azúcares, por lo que es muy ventajoso para los niños, adultos mayores y mujeres gestantes (Hoyos y Montes, 2015); así mismo, es muy favorable para aquellas personas que son intolerantes a la lactosa (Rojas y Vergara, 2022).

2.2.3.4. Requisitos del Yogurt. Según el MINAGRI (2017) el yogurt debe cumplir con determinados requisitos fisicoquímicos y microbiológicos para certificar su calidad y salubridad. En la tabla 2 se listan los requisitos fisicoquímicos.

Tabla 2

Requisitos fisicoquímicos del yogurt

Características	Unidad	Elaborado a base de leche entera	Elaborado a base de leche parcialmente descremada	Elaborado a base de leche descremada
Grasa láctea	%	Mínimo 3,0	0,6 - 2,9	Máximo 0,5
Sólidos no grasos	%	Mínimo 8,2	Mínimo 8,2	Mínimo 8,2
Acidez valorable, expresado como % de ácido láctico (% w/w)	%	Mínimo 0,6 Máximo 1,5	Mínimo 0,6 Máximo 1,5	Mínimo 0,6 Máximo 1,5
Proteína láctea (Nx6,38)	%	Mínimo 2,7	Mínimo 2,7	Mínimo 2,7

Nota. MINAGRI (2017).

En la tabla 3 se listan las exigencias microbiológicas con las que debe cumplir el yogurt para garantizar su inocuidad y salubridad.

Tabla 3

Requisitos microbiológicos de identidad

Agente microbiano	Unidad	Recuento
Bacterias lácticas totales	UFC/g	Min. 10^7
Microorganismos etiquetados (*)	UFC/g	Min. 10^6

Nota. MINAGRI (2017).

*Se usa siempre y cuando en la etiqueta se dé a conocer si es que se ha agregado un microorganismo específico a parte de *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* y *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*.

En la tabla 4 se listan las especificaciones microbiológicas con las que debe cumplir el yogurt según lo indicado por el MINAGRI (2017).

Tabla 4*Microbiológicos*

Agente microbiano	Unidad	Categoría	Clase	n	c	Límite	
						m	M
Coliformes	UFC/g	5	3	5	2	10	10 ²
Mohos	UFC/g	2	3	5	2	10	10 ²
Levaduras	UFC/g	2	3	5	2	10	10 ²

Nota. MINAGRI (2017).

En la tabla 5 se muestran las especificaciones sanitarias (contaminantes) con las que debe cumplir el yogurt según lo indicado por el MINAGRI (2017).

Tabla 5*Contaminantes*

Contaminantes	Unidad	Límite máximo permitido
Plomo	mg/kg	0,02
Aflatoxina M1	mg/kg	0,5

Nota. MINAGRI (2017).

2.2.4. Yogurt griego con incorporación de harina o fibra

La incorporación de harinas y fibra al proceso productivo de yogurt griego, se realiza con el propósito de conseguir un producto con mejores características sensoriales, nutricionales y funcionales (Gutiérrez-Aguirre, 2022). Además, se realiza con la finalidad de aprovechar los compuestos bioactivos y el valor nutricional de las diferentes materias primas utilizadas para la obtención de harina (Toro, 2017).

El yogurt griego elaborado con harina presenta mejor capacidad antioxidante y mayor contenido proteico que un yogurt griego normal (Gutiérrez-Aguirre, 2022; De Oliveira et al., 2020). Además, cabe mencionar que el efecto ya sea positivo o negativo sobre las propiedades sensoriales, reológicas y fisicoquímicas del yogurt, está relacionado

con el tipo de harina que se ha incorporado en el proceso, ya que no todas presentan en mismo efecto en el producto (Romero, 2022).

2.2.5. Fermentación

Es un proceso metabólico producido por algunos microorganismos como hongos y levaduras, que se encargan de transformar azúcares, compuestos químicos y orgánicos a otras sustancias más simples como ácido láctico, butírico y etanol, con el fin de prolongar el tiempo de duraciónl de algunos alimentos y de obtener productos con sabores, texturas y aromas característicos, algunos de ellos son el queso, yogurt, vinos, cerveza, chocolate y kumis, como también antibióticos, medicamentos, ácidos y combustibles (Puerta, 2010).

El yogurt es conseguido mediante un proceso de fermentación láctica, este bioproceso se realiza en condiciones anaeróbicas por las bacterias ácido lácticas, que se encargan de obtener energía mediante la fermentación de hidratos de carbono dando como resultado la producción de ácido láctico (Mora, 2017).

Las bacterias ácido lácticas utilizadas en el proceso de fermentación del yogurt son: *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus* y *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*, quienes son las encargadas de transformar la proteína de la leche (caseína) en ácido láctico (Zapata et al., 2014).

2.2.6. Bacterias ácido lácticas (BAL)

Estos microorganismos son representados por varios géneros con características fisiológicas, metabólicas y morfológicas en común, dentro de sus principales aplicaciones está la fermentación de alimentos como los vegetales, leche y carne para obtener productos con características diferenciadas como encurtidos, yogurt, embutidos, entre otros. También se utilizan para la elaboración de vinos y cervezas, tienen como finalidad

preservar a los alimentos y mejorar sus características organolépticas como textura, sabor, olor y mejor su valor nutritivo (Ramírez et al., 2011).

Del Castillo y Mestres (2004) indican que las BAL se clasifican en las siguientes:

a. **Según su morfología:**

Cocos: *Streptococcus*, *Lactococcus* y *Leuconostoc*.

Bacilos: *Lactobacillus*.

b. **Según su temperatura óptima de desarrollo:**

Bacterias Ácido Lácticas mesófilas: la temperatura de crecimiento óptima de este tipo de bacterias se encuentra entre 20 y 30 °C.

Bacterias Ácido Lácticas termófilas: la temperatura óptima de estos microorganismos es de 35 a 45 °C.

c. **Según su ruta metabólica:**

Homofermentativas: producen cuatro moléculas de ácido láctico a partir de una molécula de lactosa.

Heterofermentativas: producen dos moléculas de ácido láctico a partir de una molécula de lactosa.

Del Castillo y Mestres (2004) y Olivera (2011) mencionan que las bacterias lácticas más utilizadas en la industria láctea, por su buen desarrollo en este medio son las que se encuentran clasificadas en los siguientes géneros:

a. **Del género *lactococcus*.** Estos microorganismos pertenecen a la familia *Streptococcaceae*, son bacterias homofermentativas que tiene la forma de cocos esféricos u ovoides, su tamaño se encuentra entre 0,5 y 1 µm, se desarrollan mejor a temperaturas de 20 y 30 °C, el rango de pH para un desarrollo óptimo es entre 6 y 6,5. Algunos de ellos son los siguiente:

***Lactococcus lactis ssp. lactis*.** Utilizados en la producción de queso.

Lactococcus lactis ssp. cremoris. Utilizados en la producción de queso.

Lactococcus lactis ssp. lactis var. Utilizados en la elaboración de mantequilla.

b. Del género *Streptococcus*. Este género corresponde a la familia *Streptococcaceae*, algunos de estos son microorganismos patógenos y otros han sido considerados como seguros (GRAS), son Gram-positivos en forma de ovoides, mesófilos, homofermentativos responsables de producir ácido láctico como producto final del proceso de fermentación, algunas especies crecen a 10 °C, pero otras a 50 °C (*Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*), su pH de mejor desarrollo es de 6,5. Uno de estos microorganismos es:

Streptococcus thermophilus. Usados en la elaboración de yogurt.

c. Del género *Lactobacillus*. Pertenecen a la familia *Lactobacillaceae*, son bacteria Gram-positivas distinguidas en homofermentativos estrictos y heterofermentativos estrictos y facultativos, generadoras de L-ácido láctico y D-ácido láctico, tienen forma de bastones y su tamaño está entre 0,5 a 1,2 µm por 1,0 a 10,0 µm, algunas especies también se encuentran en forma de bastones curvados o corineformes y cocobacilos, pueden ser mesófilos (óptima temperatura de crecimiento entre 20 y 30 °C) o termófilos (óptima temperatura de crecimiento entre 35 y 45 °C), su pH óptimo de desarrollo se encuentra entre 4,5 y 6,2. Dentro de ellos se encuentran los siguientes:

L. helveticus, *L. delbrueckii* subsp. *lactis*, *L. casei* subsp. *casei*, *L. plantarum* y *L. brevis*. Utilizados en la elaboración de queso.

L. delbrueckii subsp. *bulgaricus*. Usados en la elaboración de yogurt.

d. Del género *Leuconostoc*. Pertenecen a la familia *leuconostocaceae*, son cocos Gram-positivos, que tiene forma esférica o lenticular, son microorganismo

heterofermentativos mesófilos que se desarrollan a temperaturas desde 8 °C, pero no crecen a 45 °C, su pH óptimo de desarrollo es mayor a 4,5; producen D-ácido láctico.

Algunos microorganismos de este género son:

L. mesenteroides subsp. *cremoris* y *L. lactis*. Utilizados en el proceso de elaboración de mantequilla y queso.

2.2.7. Propiedades reológicas de los alimentos

Ramírez (2006) menciona que muchos de los atributos sensoriales que se perciben en los alimentos están influenciados por la reología de los mismos, es por ello que el estudio de sus propiedades reológicas es de suma importancia por las siguientes razones:

a. **Evaluación sensorial:** los análisis reológicos permiten la modificación de los procesos de producción de alimentos con el fin de que estos puedan obtener parámetros de textura aceptables por el consumidor.

b. **Adquirir información sobre la estructura del alimento:** facilita la obtención de información que permite comprender de manera sencilla cómo están distribuidos los componentes moleculares y macromoleculares de los alimentos, así mismo permite predecir los cambios estructurales que pueden sufrir los mismos durante los procesos de preparación y producción.

c. **Control de calidad:** el análisis de la viscosidad de los alimentos se efectúa el fin de controlar la calidad de las materias primas, el proceso de producción, los productos intermedios y el producto final. Estos controles se llevan a cabo en la línea de producción y son fundamentales para determinar la aceptación o rechazo de productos como quesos, yogurt, dulces, papas fritas, chocolates, etc.

El desarrollo de las bacterias utilizadas para el proceso de fermentación puede afectar los parámetros reológicos de las leches fermentadas; debido a que en esta etapa existen variaciones en la composición nutricional, dando lugar a la producción de ácido

láctico a partir del consumo de la lactosa; los metabolitos originados (acetaldehído, diacetilos, ácido láctico y compuestos orgánicos) intervienen con las características organolépticas de este tipo de productos (Solórzano, 2018).

Los productos líquidos se caracterizan por tener diferentes comportamientos reológicos que van desde newtonianos, no newtonianos hasta viscoelásticos, su clasificación se da de acuerdo a la medida de la respuesta del esfuerzo y del ángulo de fase entre el esfuerzo y la deformación (Solórzano, 2018).

2.2.8. *Propiedades reológicas del yogurt griego.*

El estudio de las propiedades reológicas del yogurt griego permite determinar parámetros importantes para la producción de un producto de calidad. Los valores de viscosidad para este producto se encuentran entre 8 000 a 14 000 mPa.s o desde 8 Pa.s a 14 Pa.s, lo cual permite determinar que este producto presenta el comportamiento de un fluido no newtoniano; sin embargo, durante el periodo de almacenamiento los valores de viscosidad incrementan (Vásquez-Aguilar, 2020); este tipo de yogurt presenta un índice de comportamiento de flujo de $0,30 \pm 0,03$ e índice de consistencia de $12,43 \pm 0,99 \text{ Pa.s}^n$ sin embargo, estos valores incrementan con la incorporación de polvo de café al proceso productivo del yogurt griego, también los valores de viscosidad se ven influenciados por la incorporación de la sustancia anteriormente mencionada (Osorio-Arias, 2020).

2.3. Marco conceptual

2.3.1. *Tubérculos Andinos*

Son cultivos sembrados y consumidos desde tiempos muy antiguos en las comunidades campesinas e indígenas de las zonas andinas de algunos países del mundo, algunos de ellos son las patatas, camote, yuca, oca, olluco, mashua, etc.

2.3.2. Aceptabilidad

Es una cualidad que se determina mediante una evaluación sensorial donde el ser humano utiliza sus sentidos (olfato, tacto, vista y gusto) para determinar si un determinado producto o sustancia se ve, huele y sabe bien o mal, esto permite establecer la aceptación o rechazo de los mismos (Lepore y Dahl, 2019).

2.3.3. Propiedades Reológicas

Las propiedades reológicas de un alimento son aquellas cualidades que se pueden percibir por medio de características texturales como la cremosidad, jugosidad, suavidad, fragilidad, etc, la estabilidad y apariencia de los alimentos está realizado con estas propiedades, las cuales permiten evaluar la deformación o flujo que toma una determinada sustancia (fluido) al ser sometida a un determinado esfuerzo (Ciro, 2006).

2.3.4. Esfuerzo de corte o tensión de fluencia inicial

Esta propiedad reológica es definida como la fuerza F que necesita un material para empezar a fluir y está relacionada con el área que se encuentra en contacto con la muestra o material que se está evaluando, para obtener una medida específica de esta propiedad, es necesario dividir la fuerza total que se requiere para el movimiento entre el área en contacto con la muestra (Rojas et al., 2012).

2.3.5. Viscosidad

Es una propiedad reológica que es utilizada como medida cuantitativa para determinar la velocidad de deformación de un fluido al ser sometido a un esfuerzo cortante, el estudio de esta variable permite determinar si un fluido tiene comportamiento Newtoniano (viscosidad constante mediante la aplicación del esfuerzo) o no Newtoniano (la viscosidad varía durante la aplicación del esfuerzo cortante) (Sbant, 2017).

2.3.6. *Check all that apply (CATA).*

Es un cuestionario que está compuesto por una lista de frases o palabras, de las cuales los panelistas deben de seleccionar todos los atributos necesarios para caracterizar a una determinada muestra (Belusso, 2016).

2.3.7. *Consumidores.*

Son personas que han sido seleccionadas al azar, con la finalidad de que estos realicen una prueba afectiva hacia un determinado producto, para que de esta manera determinen su grado de aceptación o rechazo del mismo (Gómez y Sequeira, 2015).

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Ubicación

La presente investigación se desarrolló en el Laboratorio de Tecnología de Frutas y Hortalizas, Laboratorio de Tecnología de Leches y Derivas y en el Laboratorio de Tecnología de Análisis y Control de Calidad, de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional Autónoma de Chota (UNACH) que se encuentra ubicada a 2495 m.s.n.m en la Comunidad de Huacaris, del distrito y provincia de Chota, de la región de Cajamarca; los análisis de proteína y reológicos se realizaron en la Universidad Nacional Agraria la Molina y en la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

Seis kg de yogurt griego, por cada uno de los tratamientos (0% (T1); 0,5% (T2); 1% (T3); 1,5% (T4) y 2% (T5)) estudiados en la presente investigación.

3.2.2. Muestra

Análisis fisicoquímico: 500 g de yogurt griego por cada tratamiento, para los análisis de pH; acidez, % de sinéresis y % de proteína (ítem 3.4.4).

Análisis reológico: 500 g de yogurt griego por cada tratamiento (ítem 3.4.5).

Análisis sensorial: 2500 g de yogurt griego por cada tratamiento, para levantamiento de perfil, aceptabilidad sensorial y análisis de características sensoriales mediante consumidores: CATA (ítem 3.4.6).

3.3. Equipos, materiales e insumos

3.3.1. Equipos

- Centrífuga (Marca: ISOLAB)

- Estufa (Marca: BINDER)
- Balanza analítica (Marca: SARTORIUS)
- Balanza gramera (Marca: HENKEL)
- Reómetro (Marca: ANTÓN PAAR)
- pH-metro (Marca HANNA)
- Incubadora artesanal
- Mufla (Marca: NARBERTHERM)

3.3.2. *Materiales*

Utensilios de cocina:

- Tinas
- Ollas
- Cuchillos
- Tablas de picar
- Paneras
- Baldes
- Cucharas.

Materiales de laboratorio:

- Vasos precipitados de 50 ml y 100 ml
- Probetas de 100 ml y 500 ml
- Barillas de agitación
- Filas de 250 ml
- Buretas de 50 ml
- Soporte universal
- Termómetro
- Placas Petri

- Crisoles
- Barillas de agitación
- Lactodensímetro
- Espátulas

Insumos

- Cultivo láctico (Marca: SACCO)
- Azúcar blanca
- Harina de mashua

3.4. Metodología de investigación

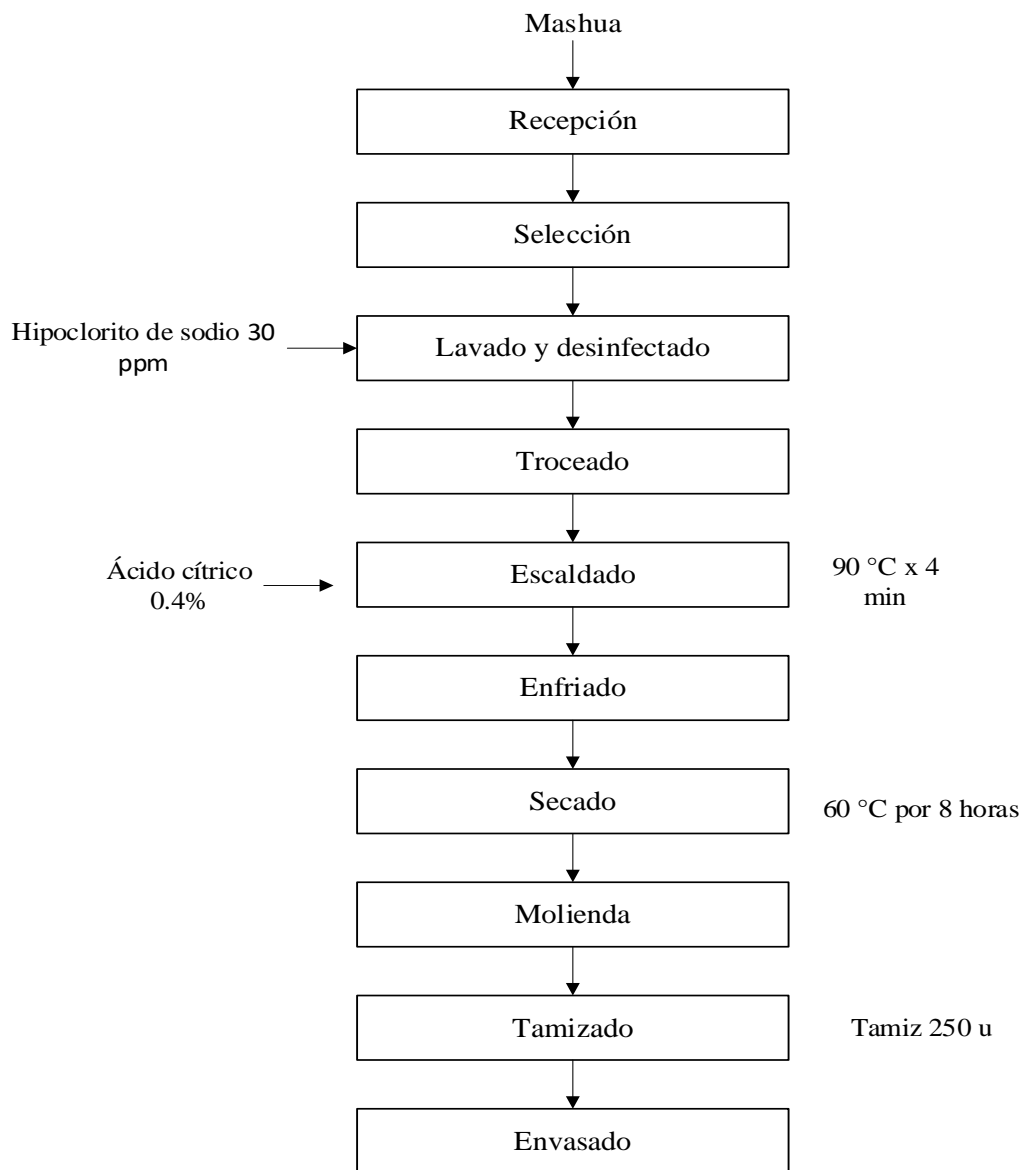
A continuación, se detallan las diferentes metodologías y procedimientos realizados durante la ejecución de la presente investigación.

3.4.1. Obtención de harina de *Tropaeolum tuberosum* (mashua)

La harina de mashua fue obtenida siguiendo las metodologías descritas por Salazar (2014) y Medina y Uscca (2018), cabe mencionar que durante el procesamiento se realizó algunas modificaciones según los fines de la investigación. En la figura 3 se muestra el diagrama de flujo utilizado para dicho fin.

Figura 3

*Diagrama de flujo del proceso de elaboración de harina de *Tropaeolum tuberosum* (mashua).*



Descripción del proceso de producción.

- **Recepción.** Se obtuvo los tubérculos frescos de mashua amarilla recién cosechados procedentes de la comunidad de Progresopampa.
- **Selección.** Fueron seleccionados manualmente, separando los sanos de aquellos que presentaban rajaduras, cortes, magulladuras o pudrición.
- **Lavado y desinfectado.** Las mashuas fueron lavadas con abundante agua, utilizando una escobilla para eliminar la tierra e impurezas que se

encontraban impregnadas en el tubérculo, se utilizó 30 ppm de hipoclorito de sodio para eliminar microorganismos externos.

- **Troceado.** La mashua fue troceada en rodajas de 2 a 3 mm de espesor, para ello se utilizó un cuchillo manual.
- **Escaldado.** Las rodajas pasaron por un proceso de escaldado con la finalidad de eliminar el sabor picante, para ello se sumergieron durante 4 min en una solución con ácido cítrico al 0,4% a 90 °C, para cada kilogramo de mashua se utilizó 2 L de solución.
- **Enfriamiento.** Transcurridos los 4 min del proceso anterior, las rodajas de mashua fueron introducidas en depósitos con agua fría para impedir la cocción del tubérculo.
- **Secado.** Las rodajas de mashua fueron secadas en una estufa marca BINDER a 60 °C durante 8 h.
- **Molienda.** La mashua seca fue triturada en un molino manual, con la finalidad de obtener harina fina.
- **Tamizado.** La harina obtenida fue tamizada en un tamiz de 250 µm con la finalidad de obtener un producto uniforme.
- **Envasado.** La harina obtenida fue colocada en frascos de vidrio y se almacenó a temperatura ambiente.

3.4.2. Análisis de leche cruda

A. Densidad. Fue determinada mediante el uso de un lactodensímetro a 20 °C, para el análisis se utilizó una muestra significativa de leche y fue colocada en una probeta de 250 ml, seguidamente se sumergió en lactodensímetro y se esperó que este flotara sin chocar las paredes de la probeta, finalmente se realizó la lectura de la

densidad que se mostró en la varilla graduada del instrumento (Association of Analytical Communities [AOAC], 2006).

B. pH. Para este análisis se utilizó un potenciómetro marca HANNA, el cual fue calibrado antes de realizar el análisis, se utilizó 10 ml de leche fresca la cual fue colocada en un vaso precipitado, posteriormente en este se sumergió el electrodo del pH-metro para realizar la lectura, los datos de pH que presentó la leche fueron tomados del panel de control del equipo (AOAC, 2006).

C. Acidez. Se analizó mediante el método volumétrico establecido por la NTP 202.116, descrita por Mori (2017), el análisis se realizó utilizando un equipo de titulación, para ello se colocó 10 ml de leche en un vaso precipitado, seguidamente se añadió 1 ml de fenolftaleína (indicador) y se realizó la titulación con hidróxido de sodio (NaOH) al 0,1 N; durante la titulación el vaso fue movido lentamente hasta que la muestra se tornó de un color rosáceo persistente. Obtenida la coloración deseada se procedió a verificar el volumen de NaOH gastado durante la titulación, con este dato se determinó el porcentaje de ácido láctico presente en la leche mediante la fórmula descrita por Toro (2017).

$$A = \frac{fa * V * N * f * 100}{Vo}$$

Donde:

fa: factor del ácido láctico = 0,090.

V: volumen de la solución de NaOH empleado en la titulación en ml.

N: normalidad de la solución de hidróxido de sodio (0,1).

f: factor del NaOH (1).

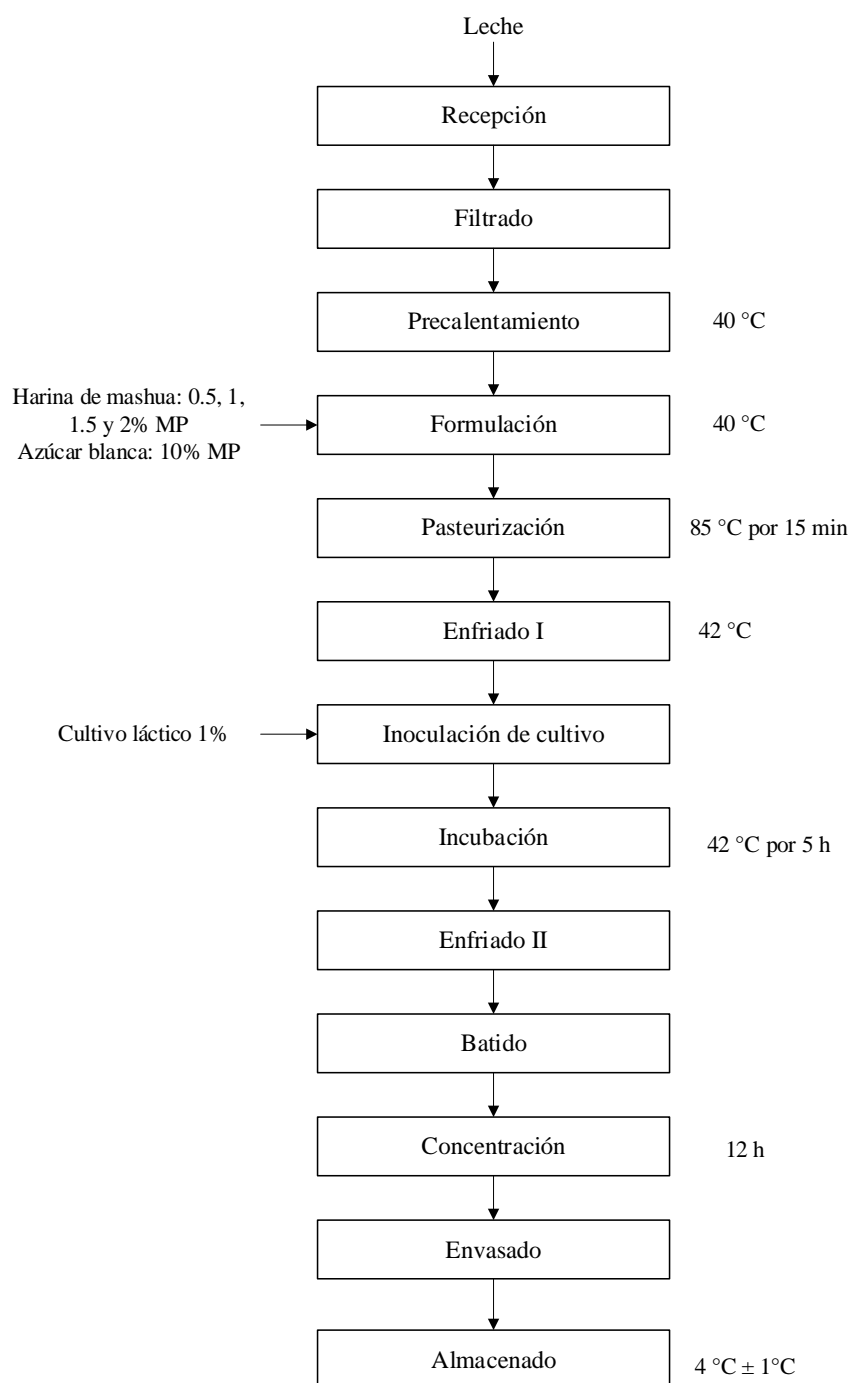
Vo: volumen de la muestra.

3.4.3. *Proceso de Elaboración de Yogurt Griego*

El yogurt griego con harina de mashua fue elaborado siguiendo la metodología descrita por Toro (2017) y Lau (2018), se realizaron algunas modificaciones en el proceso según los fines de la investigación (figura 4).

Figura 4

*Diagrama de flujo del proceso de producción del yogurt griego con harina de *Tropaeolum tuberosum* (mashua)*



Descripción del proceso de elaboración.

- **Recepción.** La leche cruda de vaca fue obtenida siguiendo las prácticas de un ordeño higiénico, a esta se le realizó análisis de pH, densidad y acidez para determinar si era apta para el proceso productivo de yogurt.
- **Filtrado.** Posteriormente fue filtrada por una tela fina de color blanco con el fin de separar los pastos, pelusas o cualquier otra impureza presente en la leche.
- **Pre calentamiento.** La leche fue colocada en una olla de aluminio, previamente esterilizada, se calentó hasta que alcanzará los 40 °C.
- **Formulación.** Obtenida la temperatura deseada (40 °C) se agregó manualmente el 10% de azúcar blanca y la concentración de harina de mashua (0.5, 1, 1.5, 2 y 2.5%) requerida por cada tratamiento, la cual tuvo una humedad de 9.08%, realizando movimientos lentos para disolver todos los insumos añadidos.
- **Pasteurización.** Terminada la actividad anterior, la leche fue pasteurizada a 85 °C por un tiempo de 15 min, con el fin de destruir la carga microbiana presente en la leche cruda.
- **Enfriado I.** La leche pasteurizada fue enfriada, hasta que su temperatura disminuyó a 42 °C.
- **Inoculación de cultivo.** Una vez obtenidos los 42 °C se agregó el 1% de cultivo láctico y se agitó lentamente para que este se distribuya de manera uniforme en la leche pasteurizada.
- **Envasado.** La leche fue colocada en baldes previamente esterilizados.

- **Incubación.** Se realizó en una incubadora artesanal a 42 °C aproximadamente por cinco a seis h, transcurrido este tiempo la leche se coaguló y se convirtió en yogurt el cual presentó un pH menor 4,6.
- **Enfriamiento II.** Cumplido el tiempo de incubación, el yogurt fue retirado de la incubadora y se dejó enfriar a temperatura ambiente durante dos h.
- **Batido.** Transcurridas las dos h se procedió a romper el coágulo del yogurt mediante agitación lenta para obtener una sustancia líquida cremosa.
- **Concentración.** El yogurt obtenido fue colocado en telas finas de color blanco dentro de un recipiente y se le dejó reposar durante 12 h, con el fin de eliminar el suero presente en el producto y de esta manera obtener el yogurt griego con la textura que lo caracteriza.
- **Envasado.** El yogurt fue envasado en frascos de vidrio previamente esterilizados.
- **Almacenado.** Fue almacenado en refrigeración a 4 °C ± 1 °C.

3.4.4. Evaluación fisicoquímica del yogurt griego

Los análisis fisicoquímicos realizados en los cinco tratamientos de yogurt griego, se detallan a continuación:

3.4.4.1. pH. para este análisis se utilizó un potenciómetro marca HANNA previamente calibrado, se utilizó una pequeña muestra de yogurt (aproximadamente 10 g) la cual fue colocada en un vaso precipitado, la medición se realizó introduciendo el electrodo del equipo en la muestra verificando que quede totalmente cubierto, se realizó la lectura de los datos que se mostraron en el panel de control del potenciómetro (AOAC, 2006). Este análisis se realizó cada 5 días durante 20 días de almacenamiento (0, 5, 10, 15 y 20 días).

3.4.4.2. Acidez. Se analizó mediante el método volumétrico establecido por la NTP 202.116 descrita por Mori (2017), el análisis consistió en diluir la muestra de yogurt griego con agua destilada, utilizando un factor de dilución de 1 en 10, a la muestra diluida se añadió 1 ml de fenolftaleína, posteriormente se realizó la titulación con hidróxido de sodio (NaOH) al 0,1 N; durante la titulación se removió lentamente el vaso hasta obtener un color rosáceo persistente; con el gasto de NaOH obtenido, se calculó el porcentaje de ácido láctico existente en los tratamientos de yogurt griego, utilizando la fórmula descrita por Toro (2017).

$$A = \frac{fa * V * N * f * 100}{Vo}$$

Donde:

fa: factor del ácido láctico = 0,090.

V: volumen de la solución de NaOH empleado en la titulación en ml.

N: normalidad de la solución de hidróxido de sodio (0,1).

f: factor del NaOH (1).

Vo: volumen de la muestra.

Este análisis fue realizado cada 5 días durante 20 días de almacenamiento (0, 5, 10, 15 y 20 días).

3.4.4.3. Sinéresis. El porcentaje de sinéresis se determinó utilizando la metodología descrita por Díaz et al. (2004), para ello se utilizó una centrífuga marca ISOLAB, se pesó 10 g de yogurt en una balanza analítica (marca Sartorius) y se colocó en tubos de ensayo, seguidamente se realizó la centrifugación a 4000 rpm durante 20 min, transcurrido el tiempo establecido se procedió a pesar el sobrenadante y se realizó el cálculo del % de sinéresis mediante la siguiente fórmula.

$$\% \text{ sinéresis} = \frac{\text{Peso del sobrenadante}}{\text{Peso de la muestra}} * 100$$

Este análisis se realizó cada 5 días durante 20 días de almacenamiento (0, 5, 10, 15 y 20 días).

3.4.4.4. Proteínas. Este análisis se realizó en la Universidad Nacional Agraria la Molina (UNALM), para ello se utilizó el método Kjeldahl según la NTP 202.119:1998. Los pasos seguidos para este análisis se detallan a continuación.

• **Digestión.** Se obtuvo 10 ml de muestras y se introdujo en el balón de digestión Kjeldahl, luego se añadió 1,5 g de sulfato de sodio (Na_2SO_4), 40 mg de óxido de mercurio II (HgO) y 1 ml de ácido sulfúrico (H_2SO_4), posteriormente el balón fue colocado en el digestor y calentado durante 30 min hasta que el contenido quedó totalmente transparente.

• **Destilación.** Concluido el paso anterior, se dejó enfriar el balón y se agregó 10 ml de agua destilada con el fin de disolver el sulfato de amonio (NH_4) $_2\text{SO}_4$, seguidamente el contenido se pasó a la cámara de mezclado, el balón fue enjuagado con 7 ml de agua destilada, esta también pasó a la cámara de mezclado, para recoger el destilado al extremo del refrigerante se colocó un vaso que contuvo 7 ml de ácido bórico (H_3BO_3) al 2%, 13 ml de agua destilada y 2 gotas de indicador mixtos (rojo de metileno o verme de bromocresol), el tubo de salida del destilador estuvo sumergido en la solución del vaso, seguidamente se adicionó a la cámara de mezclado 9 ml de la mezcla de hidróxido de sodio y tiosulfato de sodio (NaOH al 40% y $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ al 5%) y se procedió con la destilación hasta que se obtuvo 30 ml de muestra.

• **Titulación.** El destilado obtenido se tituló con ácido clorhídrico (HCl) 0,1 N hasta obtener la solución final de color violeta.

El cálculo se realizó mediante el uso de la siguiente fórmula.

$$\% \text{ Proteína} = (14 * N * V * 100 * \text{factor}) / (m * 1000)$$

Dónde:

V: volumen de gasto de HCl 0,1 N.

m: peso de la muestra en g.

Factor: 6,38 (leche)

N: normalidad

3.4.5. *Análisis reológicos del yogurt griego*

Estos análisis se realizaron en la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (UNTRM), se siguió la metodología descrita por Ruihong-dong et al. (2021), el análisis se realizó utilizando un reómetro marca Anton-Paar controlado por tensión (TA Instruments, DHR-2, EE. UU), acoplado con una placa paralela de 40 mm de diámetro y 500 μm de separación; para las propiedades reológicas en estado estacionario, la viscosidad y velocidad de corte de equilibrio de la muestras se midieron utilizando velocidades de corte de 0,1 a 1000 s^{-1} en un rango de 25 °C en 350 s, se tomaron 50 puntos logarítmicos en el tiempo cuando la temperatura se encontraba en 25 °C. Las propiedades de flujo de los tratamientos fueron descritas mediante el modelo reológico de Herschel-Bulkley.

$$\sigma = \sigma_0 + K\gamma^n$$

Donde:

σ : Esfuerzo de corte (Pa)

n: índice de flujo.

K: coeficiente de consistencia (Pa.sn).

σ_0 : esfuerzo inicial (Pa).

γ : velocidad de corte (1/s).

Los parámetros utilizados para el análisis de las características reológicas estacionarias fueron: temperatura a 25 °C, frecuencia se fijó de 0,06 rad/s a 100 rad/s, esta

fue de 1HZ y la deformación fue del 0,5%. El módulo de pérdida (G'') y el módulo de almacenamiento (G') fueron monitoreados durante la medición.

3.4.6. Evaluación de las Características Sensoriales del Yogurt Griego

Este análisis se realizó en dos etapas, estas se detallan a continuación.

3.4.6.1. Levantamiento de atributos del yogurt griego. El levantamiento de atributos se realizó con 20 consumidores habituales de yogurt griego, a quienes se les entregó una ficha de evaluación (anexo 1), donde se les solicitó que, según su punto de vista, describan las características de color, apariencia, olor, sabor y textura de los cinco tratamientos de yogurt griego (control y elaborados con 0,5; 1; 1,5 y 2% de harina de mashua).

3.4.6.2. Características sensoriales del yogurt griego: Escala hedónica + CATA. Para que un producto pueda ser aceptado por los consumidores debe presentar características sensoriales que sean percibidas por los sentidos como el color, apariencia, olor, sabor y textura, las cuales deben producir una impresión de agrado en el ser humano. El análisis de las características sensoriales del yogurt griego elaborado con harina de mashua (0; 0,5; 1; 1,5 y 2%), se realizó con 100 consumidores, de los que se midió su grado de aceptación de manera individual, mediante la aplicación de una ficha de evaluación (Anexo 2) que contenía una escala hedónica de 9 puntos (donde: 1 correspondió a "Me disgusta muchísimo" y 9 a "Me gusta muchísimo") y un cuestionario Check all that apply (CATA). A continuación, se muestra la puntuación correspondiente a la escala hedónica, la cual fue modificada según los fines de la investigación.

Tabla 6*Escala hedónica de nueve puntos*

Descripción	Valor
Me disgusta muchísimo	1
Me disgusta mucho	2
Me disgusta bastante	3
Me disgusta ligeramente	4
Ni me gusta ni me disgusta	5
Me gusta ligeramente	6
Me gusta bastante	7
Me gusta mucho	8
Me gusta muchísimo	9

Nota: CSIC (2011).

3.5. Análisis estadístico

En primer lugar, se realizó un análisis de normalidad de datos (test de Shapiro Wilk y Chi-cuadrado) y homogeneidad de varianza (prueba de Q de Cochran y Levene) de los datos obtenidos.

Los resultados del análisis fisicoquímico y aceptabilidad (escala hedónica de nueve puntos) fueron procesados mediante el uso del software estadístico SPSS V_19; mediante con el cual se realizó un análisis de varianza (ANOVA), y al existir diferencias estadísticas significativas se aplicó una prueba de comparación de medias de Tukey, el nivel de confianza utilizado fue del 95%.

Los datos reológicos fueron procesados mediante el uso del software estadístico R 4.2.2 con los paquetes "agricolae" y "car, se aplicó el análisis de varianza (ANOVA), y la prueba de comparación de medias de Tukey, la cual comparó los resultados de los

cinco tratamientos mediante la formación de subgrupos, permitiendo determinar el mejor tratamiento. El nivel de confianza utilizado fue del 95%.

Los datos del cuestionario de preguntas CATA fueron procesados mediante el uso de la extensión de Excel XLSTAT 2016, mediante el cual se realizó el análisis de varianza (ANOVA), y la prueba de comparación de medias de Q de Cochran.

La interpretación de datos se realizó en figuras y textos que definen teóricamente cada uno de los resultados obtenidos de cada análisis realizado, permitiendo que el lector entienda lo descrito en la investigación.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Obtención de la harina de mashua

La harina utilizada en la formulación de los tratamientos de yogurt griego fue obtenida a partir de tubérculos de mashua recién cosechados. Como análisis opcionales a la investigación se determinó el porcentaje de humedad y cenizas de la harina de mashua, obteniendo como resultados $9,08 \pm 0,03\%$ de humedad y $2,05 \pm 0,03\%$ de cenizas.

4.2. Análisis fisicoquímico de la leche de vaca

La leche utilizada en el proceso de elaboración de los tratamientos de yogurt griego fue sometida a un previo análisis de pH, acidez y densidad, con tres repeticiones cada análisis; en la tabla 7 se muestran los resultados obtenidos de los análisis mencionados anteriormente:

Tabla 7

Propiedades fisicoquímicas de leche cruda de vaca

PARÁMETRO	VALOR
Densidad (g/mL) a 20 °C	$1,028 \pm 0,002$
pH a 20 °C	$6,77 \pm 0,01$
Acidez (%)	$0,15 \pm 0,01$

Los resultados presentados en la tabla 7 son similares a los reportados por Toro (2017) y Cárdenas (2021) quienes reportaron valores similares de pH, acidez y densidad en leche cruda de vaca; además se encontraron dentro de los rangos establecidos por el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (2017) y la Norma Técnica Andina (2007) quienes reportan que la densidad de la leche cruda de vaca debe estar entre 1,026 y 1,034 g/ml y la acidez entre 0,13 y 0,17%.

Teniendo en cuenta estos resultados, se puede afirmar que la leche que fue empleada para el proceso productivo de yogurt griego, si contó con los estándares, de calidad requeridos para su procesamiento.

4.3. Obtención de tratamientos de yogurt griego

Los cinco tratamientos de yogurt griego fueron obtenidos de manera satisfactoria, se obtuvo 500 g de cada tratamiento para análisis fisicoquímico, 500 g de cada tratamiento para análisis reológico y 2500 g de yogurt griego por cada tratamiento para el análisis de características sensorial.

4.4. Propiedades fisicoquímicas del yogurt griego

A continuación, se describen los resultados de los diferentes análisis fisicoquímicos realizados, tanto al tratamiento control como a las muestras de yogurt elaboradas con harina de mashua.

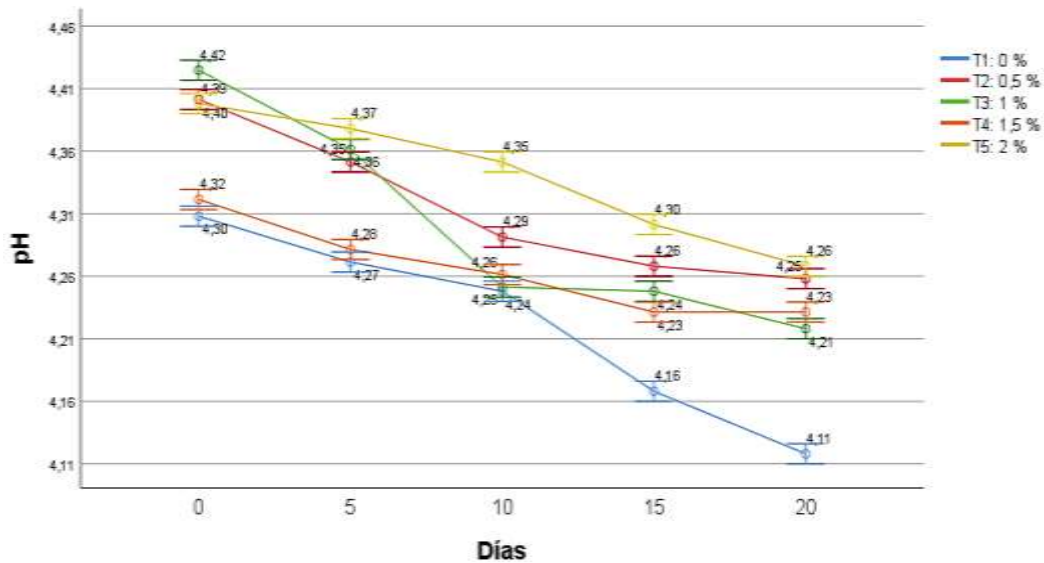
4.4.1. *pH y acidez del yogurt griego*

En la figura 5 se muestra el comportamiento de los valores de pH y acidez de los cinco tratamientos de yogurt griego, obtenidos durante la etapa de almacenamiento. En la figura 5 (A) se muestran los cambios del pH del yogurt griego durante los 20 días de almacenamiento, donde se observó que tanto el porcentaje añadido de harina de mashua y el periodo de almacenamiento influyeron de manera significativa ($p < 0,05$) (Anexo 3) en este indicador. Estos cambios son ponderados cuando incrementan los días de almacenamiento (especialmente a partir del día 10), encontrándose que el pH y la acidez (expresada en contenido de ácido láctico) de las muestras elaboradas con harina presentan una marcada diferencia con la muestra control (sin harina).

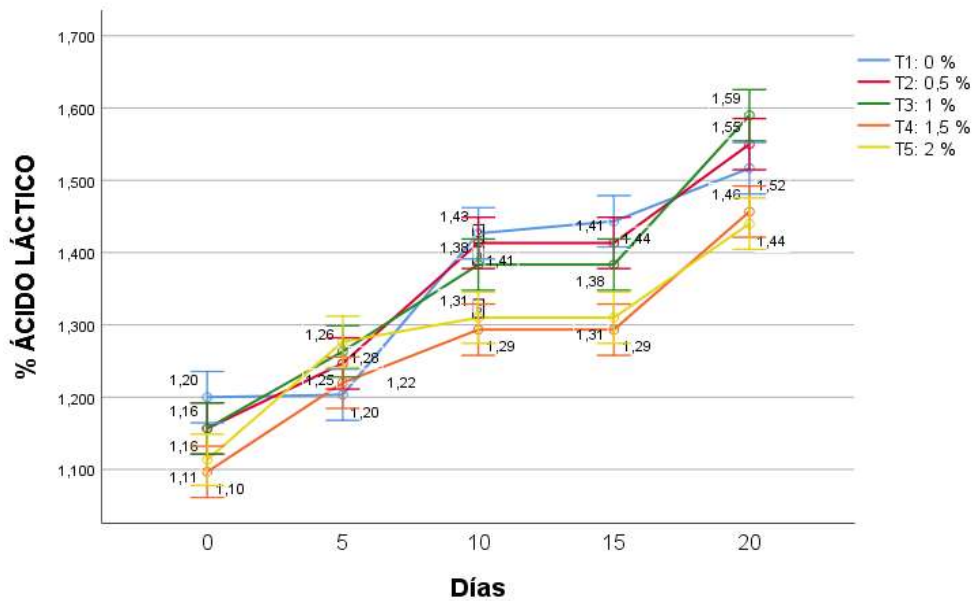
Figura 5

Análisis del pH y acidez del yogurt griego durante la etapa de almacenamiento.

A)



B)



Nota. En las figuras se observa la variación del pH y acidez de los cinco tratamientos de yogurt griego durante 20 días de almacenamiento, se determinó que tanto el porcentaje de harina añadido y el tiempo de almacenamiento influyeron significativamente ($p < 0,05$) en el pH y acidez.

Con relación al porcentaje de acidez (B) en función al contenido de ácido láctico, se muestra que los valores de este indicador incrementaron durante el periodo de almacenamiento, la formulación de harina de mashua y el periodo de almacenamiento influyeron significativamente ($p < 0,05$) (Anexo 4) en la acidez del yogurt griego, estas

diferencias son más evidentes durante la etapa de almacenamiento, encontrándose que las muestras elaborados con harina presentaron menor porcentaje de acidez que la muestra control, y también se observa que la muestras elaboradas con 1,5% y 2% de harina presenta menor acidez final.

Resultados similares fueron reportados por Córdova (2016) quien determinó que el pH disminuye y la acidez aumento al incrementar la etapa de almacenamiento; También Toro (2017), Cárdenas (2021) y Arias-Lamos et al. (2019) mostraron valores similares de pH y acidez en yogurt griego fortificado con harina de quinua (pH: entre 4,36 a 4,41 y ácido láctico: desde 0,75% hasta 0,77%), yogurt batido elaborado con harina de extruido de semilla de palta (pH: entre 4,14 a 4,56 y ácido láctico: desde 0,76% hasta 0,95%) y en yogurt elaborado con epicarpio deshidratado de maracuyá (pH: entre 4,06 a 4,21 y ácido láctico: desde 0,81% hasta 0,97%).

La variación de los valores de pH y acidez del yogurt se relaciona con lo mencionado por Córdova (2016) quien indica que la reducción de pH y aumento de acidez se produce por la acción de la matriz añadida y por la descomposición de la lactosa en ácido láctico, producto de la acción metabólico de las bacterias lácticas.

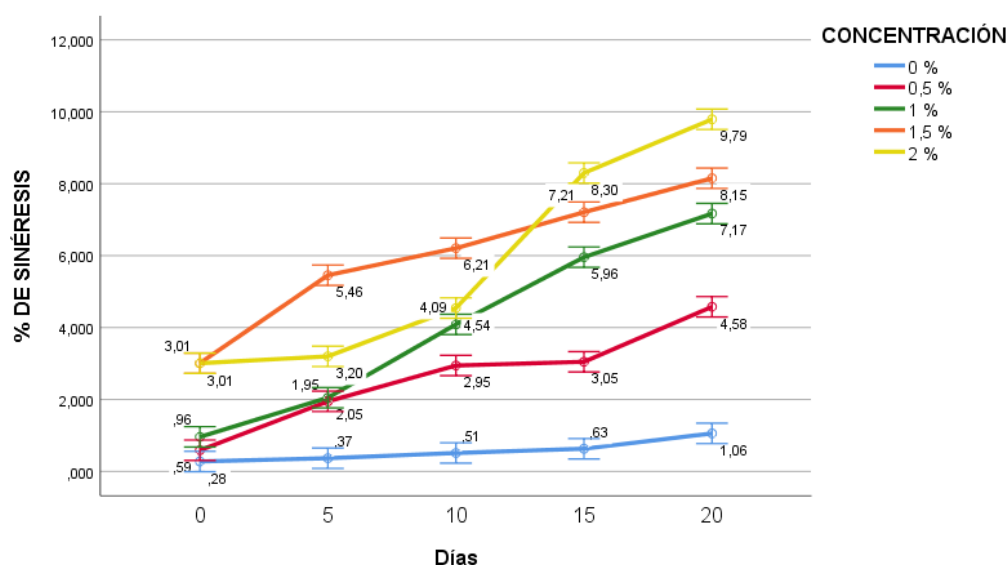
Por lo previamente expuesto, se puede hipotetizar que los cambios de pH y acidez inducidos por la adición harina de mashua y el tiempo de almacenamiento pueden estar relacionados con la composición química de la harina y la acción de las bacterias lácticas que continúan con sus procesos metabólicos provocando que la matriz continúe su estado dinámico hacia la reducción de pH y también se acidifique; sin embargo también se debe acotar que cuando se incrementó la proporción de harina en las muestras, se obtuvo menores cambios tanto en el pH, como en la acidez.

4.4.2. Sinéresis del yogurt griego

En la siguiente figura (6) se muestran los resultados correspondientes al porcentaje de sinéresis del yogurt griego, producto de las formulaciones de harina de mashua añadidas y el tiempo de almacenamiento.

Figura 6

Análisis del porcentaje de sinéresis del yogurt griego durante la etapa de almacenamiento



Nota. En la figura se observa los valores del porcentaje de sinéresis de las 5 muestras de yogurt griego y las variaciones de cada uno de ellos durante 20 días de almacenamiento, se determinó que tanto la proporción de harina añadida y el periodo de almacenamiento influyeron significativamente ($p < 0,05$) en este indicador.

En la figura anterior (6) se presenta el comportamiento del porcentaje de sinéresis del yogurt griego durante el almacenamiento, la formulación de harina de mashua y el periodo de almacenamiento influyeron de manera significativa ($p < 0,05$) (Anexo 5) en el grado de sinéresis, se observó que los tratamientos de yogurt elaborados con mayor contenido añadido de harina mashua presentaron mayor porcentaje de sinéresis en comparación con el control, el cual desde un inicio del análisis presentó los valores más bajos, también se observó que la muestra (T4 y T5) con mayor contenido de harina de

mashua (1,5% y 2%) mostraron mayor porcentaje de sinéresis, con diferencias estadísticas significativas frente a los otros tres tratamientos (T1, T2 y T3).

Resultados similares son reportados por Díaz et al. (2004), quien determinó que el porcentaje de sinéresis del yogurt incrementa al transcurrir los días de almacenamiento; por otro lado Toro (2017) reportó valores más altos de sinéresis (hasta el 38%) en yogurt griego elaborado con harina de quinua; también Coronel (2018), reportó valores altos de sinéresis (entre 36,6% hasta 54,5%) en yogures elaborados con tres tipos de harina de quinua: tostada (HQT), lavada (HQL) y cocida (HQC), determinó que el yogurt elaborado con la primera harina presentó menor sinéresis en comparación con los elaborados con las otras harinas, según el autor estas diferencias pueden estar relacionadas con el tipo de pretratamiento que se le dio a la quinua, el cual podría influir en el poder de retención de agua y por ende en el grado de sinéresis del producto.

Las diferencias existentes en el porcentaje de sinéresis obtenido en la presente investigación y lo reportado por los autores, está relacionado con lo indicado por Díaz et al. (2004) quien menciona, que el poder de retención de agua y estabilidad de las matrices añadidas influyen en el grado de sinéresis del yogurt; el contenido proteico del yogurt griego es otro de los factores que influyó en esta variable, ya que; el poder funcional de retención de agua de la proteína evita el efecto de sinéresis en el yogurt (Tamine y Robinson, 1991; Keating y Gaona ,1999); según los resultados de la figura 7 el tratamiento control presentó mayor porcentaje de proteína en comparación con los yogures elaborados con harina de mashua, corroborando de esta manera lo indicado por los autores.

Si bien es cierto el porcentaje de harina no disminuyó el porcentaje de sinéresis del yogurt griego en comparación con el tratamiento control, pero estos valores son mucho menores que los obtenidos por los autores anteriormente citados; además los

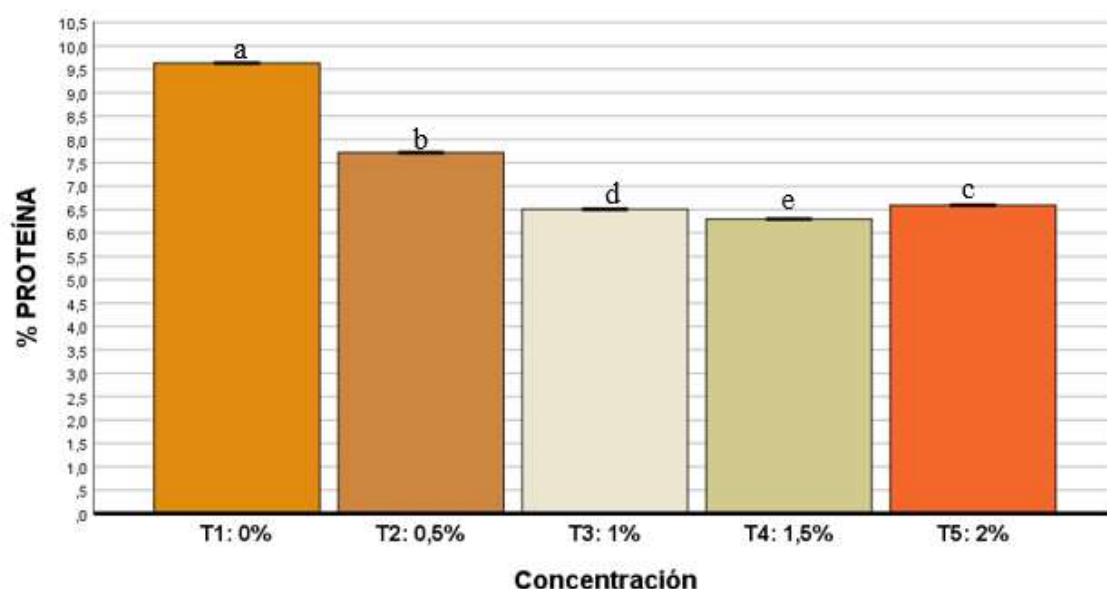
valores de sinéresis están por debajo del 42%, siendo este último el porcentaje máximo permitido en yogures asentados (Tamine y Róbinson, 1991; Alatraste, 2002); por lo que esto es un indicativo más que la harina de mashua puede ser utilizada en este tipo de producto ya que el grado de sinéresis es bajo.

4.4.3. Contenido de proteína total del yogurt griego

En la figura 7 se muestran los valores de proteína total en función a 100 g de yogurt griego, tanto del tratamiento control como de los cuatro tratamientos elaboradas con diferentes concentraciones de harina de mashua.

Figura 7

Contenido proteico del yogurt griego



Nota. En la figura se observa los valores del porcentaje de proteína presente en cada uno de los 5 tratamientos de yogurt griego, T1 corresponde al tratamiento control y T2, T3, T4 y T5 corresponde a las muestras a las que se incorporó harina de mashua; las letras en minúscula a, b, c, d y e indican que existió diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) en el contenido de proteína de todos los tratamientos, según la prueba de comparación de medias de Tukey.

En la figura 7 se observa que a pesar de que los valores de proteína son muy cercanos en los tratamientos elaborados con harina de mashua, esta última afectó significativamente ($P < 0,05$) (Anexo 6) el en contenido proteico del yogurt,

evidenciándose una clara diferencia en el contenido proteico de la muestra control (9,6% de proteína) con aquellas muestras elaboradas con harina de mashua (T2: 7,7%; T3: 6,5%; T4: 6,3% y T5: 6,6%).

Los valores de proteína obtenidos en la presente investigación son superiores al contenido mínimo que debe tener este tipo de producto, según lo establecido por el Codex Alimentarius (2011), el cual indica que los yogures colados deben tener un mínimo de proteína de 5,6% después del proceso de fermentación.

En un estudio similar Toro (2017) obtuvo menor contenido proteico en yogurt griego fortificado con harina de quinua; por otro lado, Gutiérrez-Aguirre et al. (2022) reportó valores más altos en yogurt griego elaborado con harina de cascará de plátano. Por lo que las diferencias en el contenido proteico de los yogures pueden estar relacionadas con el contenido proteico de las matrices añadidas al yogurt.

Sendra et al. (2010), Sánchez (2018) y Camán y Vilca (2016), reportaron que la incorporación de fibra de naranja, harina de melloco y harina de quinua incrementan el contenido proteico del yogurt.

Por lo tanto, los resultados conseguidos en la investigación discrepan con los obtenidos por los autores, debido a que la harina de mashua no aumentó el contenido proteico del yogurt griego sino más bien lo redujo, esto está relacionado con el efecto de dilución, ya que la proporción de sólidos se fue incrementando, mientras que el contenido de la proteína se mantuvo, esto pudo resultar en que el contenido proteico en las muestras con harina de mashua disminuya en sus respectivas proporciones. Lo mencionado anteriormente se corrobora con lo indicado por González (2020), quien reporta que la harina de mashua contiene $7,07 \pm 0,009$ % de fibra, $64,67 \pm 0,14$ % de carbohidratos y $12,34 \pm 0,008$ % de proteína.

Estas diferencias también pueden estar relacionadas con lo indicado por Romero (2022) quien menciona que la incorporación de fibras a las leches fermentadas (yogurt) no influyen solo de manera positiva, sino también de forma negativa debido, a que algunas fibras contienen ácidos esenciales que provocan una reducción de la acidez del yogurt conllevando a que el contenido proteico reduzca, esto debido a que al acidificarse el medio, el pH va a disminuir por debajo de 4,6; siendo este, el punto isoeléctrico de las proteínas (caseína), provocando que estas pierdan solubilidad, se precipiten y disminuya su poder de coagulación provocando que reduzca el contenido proteico del producto final.

4.5. Propiedades reológicas del yogurt griego

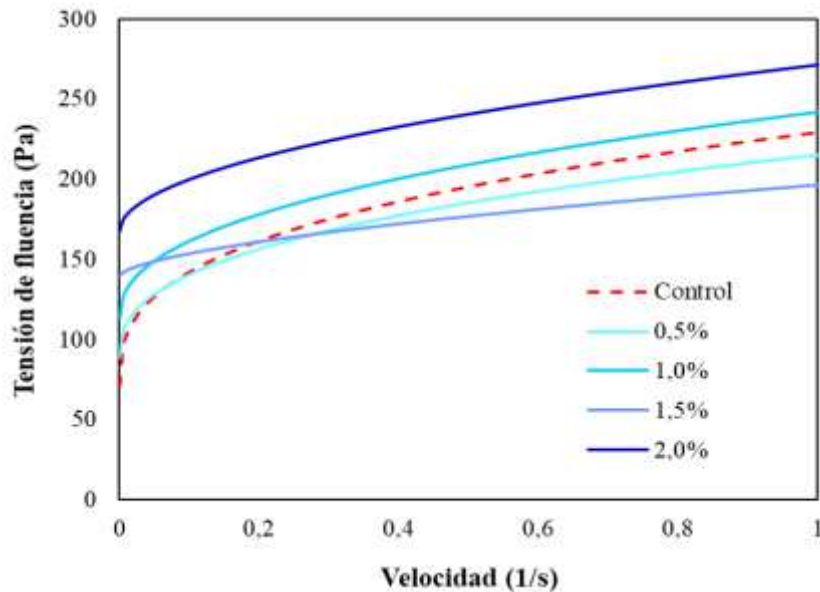
A continuación, se detallan los resultados adquiridos del análisis reológico de los cinco tratamientos de yogurt griego. El modelo reológico aplicado fue el de Herschel-Bulkley, mediante el cual se logró obtener los resultados correspondientes a tensión de fluencia inicial o esfuerzo de corte y de viscosidad aparente.

4.5.1. Tensión de fluencia del yogurt griego

En la siguiente figura (8) se muestra el comportamiento de la tensión de fluencia inicial de cada muestra de yogurt griego, se puede observar que tanto el tratamiento control (0% de harina de mashua) como los tratamientos elaborados con harina de mashua (0,5%; 1%; 1,5% y 2%) necesitaron de una tensión de fluencia inicial para que en su estructura inicie un proceso de deformación, además se evidencia que a medida que incrementa la velocidad de deformación la tensión de fluencia se incrementa. El tratamiento control es el que necesitó de un menor esfuerzo de corte inicial en comparación con los demás tratamientos que necesitaron de un esfuerzo de corte mayor.

Figura 8

Efecto de la velocidad de deformación frente a la tensión de fluencia inicial del yogurt griego



Nota. En la figura anterior se observa la variación que se origina en el comportamiento de la tensión de fluencia inicial del tratamiento control y los otros cuatro tratamientos a los que se incorporó harina de mashua (T1: control 0%, T2: 0,5%; T3: 1%; T4: 1,5% y T5: 2%) al incrementar la velocidad de deformación.

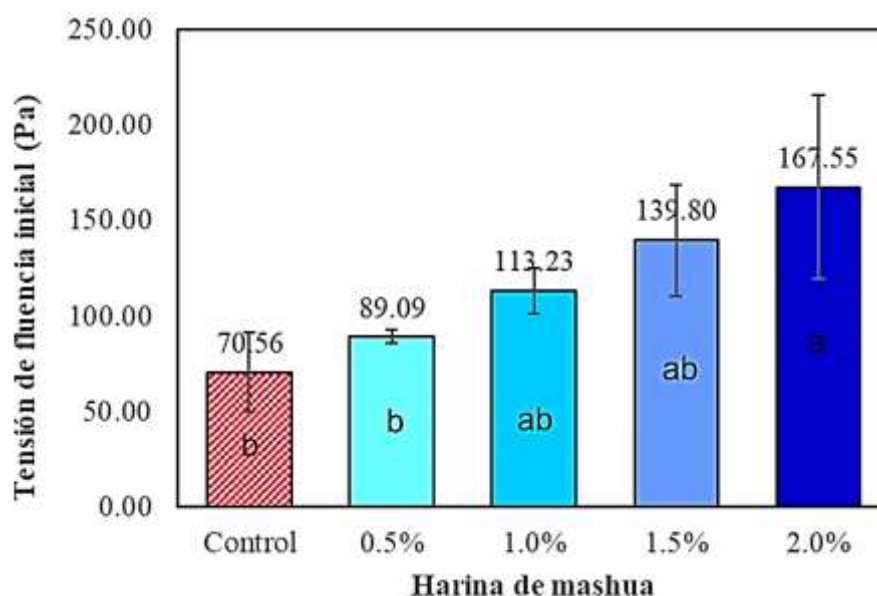
El comportamiento mostrado en la gráfica anterior es similar al reportado por Cárdenas (2021), quien determinó que el esfuerzo de corte o tensión de fluencia inicial del yogurt batido (testigo y muestras elaboradas con harina de pepa de palta) aumenta al incrementar la velocidad de deformación, lo cual es un indicativo de que el producto presentó el comportamiento de un fluido pseudoplástico; con relación a lo anterior, Calles et al. (1999) y Esther (2016) mencionan que los fluidos no Newtonianos pseudoplásticos se caracterizan porque el esfuerzo de corte y la velocidad de deformación no son directamente proporcional, por lo que dan origen a la formación de una curva cóncava, por lo tanto no cumplen con la ley de las viscosidad de Newton. El comportamiento de flujo de las muestras de yogurt griego es igual al reportado por los autores, lo que indicaría que los tratamientos estudiados en esta investigación (control y muestras elaboradas con

harina de mashua) presentaron el comportamiento de un fluido no Newtoniano de tipo pseudoplástico.

También es necesario describir el efecto que produce la proporción añadida de harina de mashua frente a la tensión de fluencia inicial del yogurt griego, en la figura 9 se muestran los valores conseguidos tanto del tratamiento control como también de los tratamientos elaborados con harina de mashua.

Figura 9

Efecto del porcentaje de harina de mashua sobre la tensión de fluencia del yogurt griego



Nota: En la figura se observa los valores de tensión de fluencia inicial que necesitó cada uno de los 5 tratamientos (T1: control 0%, T2: 0,5%; T3: 1%; T4: 1,5% y T5: 2%) de yogurt griego para empezar a fluir, así mismo se evidencia que a medida que se incrementó el porcentaje de harina de mashua, los valores para este indicador incrementan. Las letras minúsculas iguales indican que no existió diferencias significativas entre esos tratamientos y letras minúsculas diferentes revelan que existió diferencias significativas ($p < 0,05$), según la prueba de comparación de medias de Tukey.

En la gráfica anterior (9) se observa que la proporción añadida de harina de mashua produjo diferencias estadísticas significativas ($P < 0,05$) (Anexo 7) en la tensión de fluencia inicial de los tratamientos, mediante la prueba de comparación de medias de Tukey se determinó que los tratamientos elaborados con 1%, 1,5% y 2% de harina de

mashua necesitaron de una tensión de fluencia inicial parecida para empezar a fluir, por lo que no existió diferencias estadísticas significativas entre ellos, similar comportamiento presentaron el tratamiento control y los elaborados con 0,5%, 1% y 1,5% de harina, sin embargo, si existió diferencias estadísticas significativas entre el tratamiento elaborado con 2% de harina mashua que necesito una tensión de fluencia inicial de 167,55 Pa, frente al control y al tratamiento con 0,5% que solo necesitaron de 70,56 Pa y 89,09 Pa respectivamente. Similares comportamientos reportó Cárdenas (2021), quien determinó que las muestras de yogurt batido elaborados con 1, 3 y 5% de harina de pepa de palta necesitan de una mayor tensión de fluencia inicial en comparación con la muestra control (control 8,1747; 1% 8,9866 Pa; 3% 7,7715 Pa y 5% 11,6657 Pa). Sin embargo, los valores de tensión de fluencia inicial obtenidos en el presente estudio son mayores a los reportados por el autor, lo cual está relacionado con el tipo de yogurt estudiado, ya que el yogurt griego se diferencia del batido por tener consistencia más espesa, lo cual sería la causa principal para que este necesite de una mayor tensión de fluencia inicial. También Cui et al. (2014), indicaron que la tensión de fluencia inicial del yogurt elaborado con almidón acetilado incrementa a medida que el porcentaje de esta sustancia añadida es mayor.

La diferencia en la tensión de fluencia inicial del yogurt control y los yogures elaborados con harina de mashua puede estar atribuida a que la incorporación de la harina provoca que las muestras de yogurt sean más viscosas, por lo tanto, necesitan de un mayor esfuerzo de corte inicial.

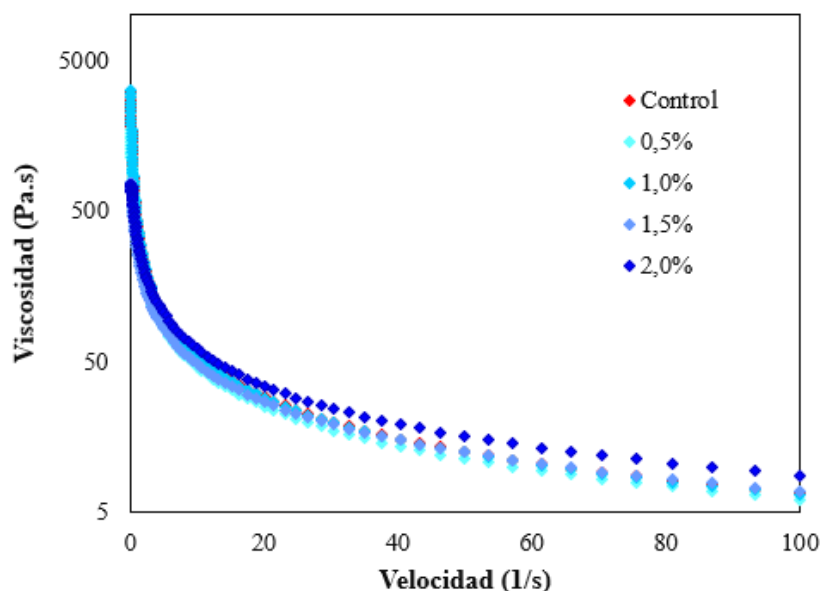
4.5.2. Viscosidad aparente del yogurt griego

Esta propiedad reológica permite determinar si el fluido tiene comportamiento Newtoniano (viscosidad constante mediante la aplicación del esfuerzo) o no Newtoniano (la viscosidad varía durante la aplicación del esfuerzo cortante) (Sbant, 2017).

En la figura 10 se presenta el comportamiento de la viscosidad aparente de los tratamientos de yogurt griego en función de la velocidad de deformación.

Figura 10

Análisis de la viscosidad del yogurt griego frente a la velocidad de deformación (1/s).



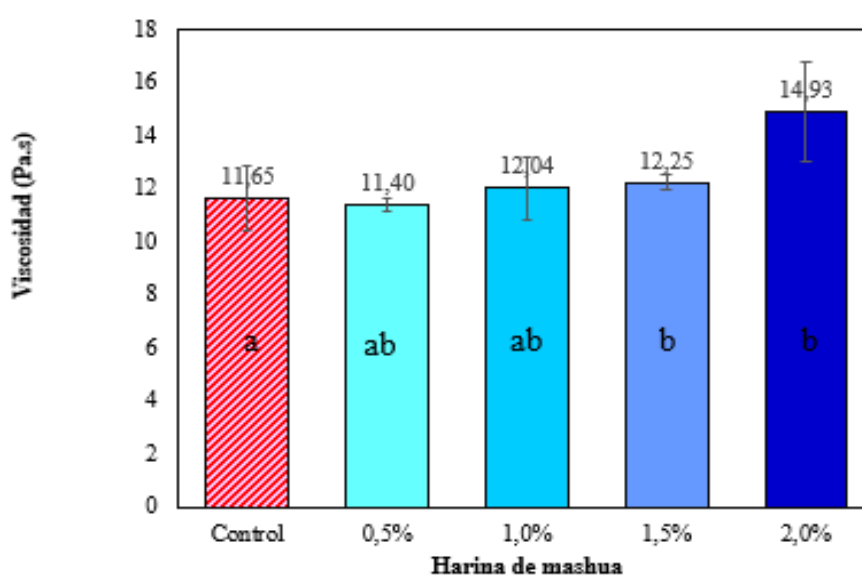
Nota. En la figura se presenta las variaciones que se produjo en la viscosidad de los 5 tratamientos (T1: control 0%; T2: 0,5%; T3: 1%; T4: 1,5% y T5: 2%) de yogurt griego, al incrementarse la velocidad de deformación.

En la figura anterior se observa que la velocidad de deformación influye en la viscosidad aparente tanto del tratamiento control como de los demás tratamientos de yogurt griego a los que se añadió harina de mashua, ya que al incrementar la velocidad de deformación los valores de la viscosidad disminuyen, lo que indica que las muestras de yogurt griego presentaron el comportamiento de un fluido no Newtoniano. Similar comportamiento fue reportado por Sánchez (2018), quien determinó que el yogurt elaborado con harina de melloco presentó el comportamiento de un fluido no newtoniano debido a que la viscosidad reduce al incrementar la velocidad de deformación. También Cui (2014), menciona que el yogurt griego elaborado con almidón acetilado presenta el comportamiento de un fluido pseudoplástico debido a que los valores de viscosidad disminuyen a medida que la velocidad de deformación incrementa.

La viscosidad aparente de los tratamientos de yogurt griego también se vio influenciada por el porcentaje de harina añadido, en la figura 11 se muestran los valores de viscosidad obtenidos de los cinco tratamientos de yogurt griego.

Figura 11

Evaluación del efecto del porcentaje de harina de mashua sobre la viscosidad del yogurt griego.



Nota. En la figura se muestran los resultados de viscosidad aparente de los 5 tratamientos de yogurt griego (T1: control 0%; T2: 0,5%; T3: 1%; T4: 1,5% y T5: 2%), así mismo se determinó que al incrementar la concentración de harina de mashua los valores de viscosidad fueron mayores. Las letras minúsculas iguales indican que no existió diferencias estadísticas significativas entre esos tratamientos y letras minúsculas diferentes indican que existió diferencias estadísticas ($p < 0,05$) en cuanto a la viscosidad, según la prueba de comparación de medias de Tukey.

Se puede observar en la gráfica (11) anterior que la concentración de harina de mashua produce variaciones en cuanto a la viscosidad aparente final del yogurt griego, mediante el análisis de varianza se pudo determinar que existió diferencias estadísticas significativas ($P < 0,05$) (Anexo 8) en la viscosidad de los diferentes tratamientos, la prueba de comparación de medias (Tukey) indicó que los valores de viscosidad de los tratamientos elaborados con 1%, 1,5% y 2% de harina de mashua presentaron un

comportamiento parecido, no existiendo diferencias significativas entre ellos, similar comportamiento presentaron los yogures elaborados con 0,5%, 1% y 1,5% de harina de mashua; pero, si existió diferencias estadísticas entre el tratamiento elaborado con 2% frente al control y al tratamiento elaborado con 0,5% de harina de mashua. El tratamiento control presentó menor viscosidad (11,65 Pa.s) en comparación con los tratamientos a los que se les adicionó 1%, 1,5% y 2% de harina de mashua, siendo este último el que presentó mayor viscosidad (14,93 Pa.s), con respecto a lo anterior se debe agregar que los valores de viscosidad del T3, T4 y T5 son directamente proporcional al porcentaje de harina añadido, ya que al incrementar la cantidad de esta sustancia los valores de viscosidad aumentaron; sin embargo no sucede lo mismo con el T2 ya que este presentó menor viscosidad que la muestra control.

Similar comportamiento fue reportado por Sánchez (2018) quien determinó que la viscosidad del yogurt bajo en grasa elaborado con 0,9% de harina de melloco presenta mayor viscosidad (1121,63 mPa.s) que la muestra control (975,13 mPa.s). También Cárdenas (2021) reportó que las muestras de yogurt batido al que se añadió 1% y 5% de harina de semilla de palta presentó mayor viscosidad en comparación con el control (control 3055,06 cP; 1% 3310,04 Cp y 5% 3779,50 cP), pero no sucede lo mismo con la muestra a la que se incorporó 3% de harina ya que sus valores de viscosidad fueron más bajos (2712,84 cP); además Coronel (2018) y Córdova (2016) determinaron que la viscosidad del yogurt batido aumentan al adicionar mayor porcentaje de harina de quinua y polvo proteico de pota.

Como se puede observar los resultados reportados por los autores son menores a los obtenidos en la presente investigación, estas diferencias pueden deberse al tipo de yogurt estudiado, tipo de harina utilizada y también al tamaño del grano de la harina.

4.6. Características sensoriales del yogurt griego: *Escala hedónica + CATA*

A continuación, se presentan los resultados obtenidos del estudio de las características sensoriales del yogurt griego.

4.6.1. *Levantamiento de atributos del yogurt griego*

En la siguiente tabla (8) se muestran los atributos obtenidos de los cinco tratamientos de yogurt griego (0%; 0,5%; 1%; 1,5% y 2%), según el análisis de frecuencia se pudo determinar que las características sensoriales estudiadas presentaron los siguientes atributos: color: crema, blanco, amarillo, anaranjado y marrón; apariencia: fresca, brillante, muy brillante, poco brillante, homogénea y viscosa; olor: a yogurt, a leche, a fermentado, a mashua, a vainilla y a manjar; sabor: dulce, fermentado, ácido, a mashua, a vainilla y a yogurt y textura: cremosa, blanda, firme, homogénea, arenosa y cremosa con grumos.

Los resultados obtenidos fueron utilizados para redactar el cuestionario CATA (anexo 2).

Tabla 8

Perfil sensorial del yogurt griego elaborado con diferentes porcentajes de harina de mashua.

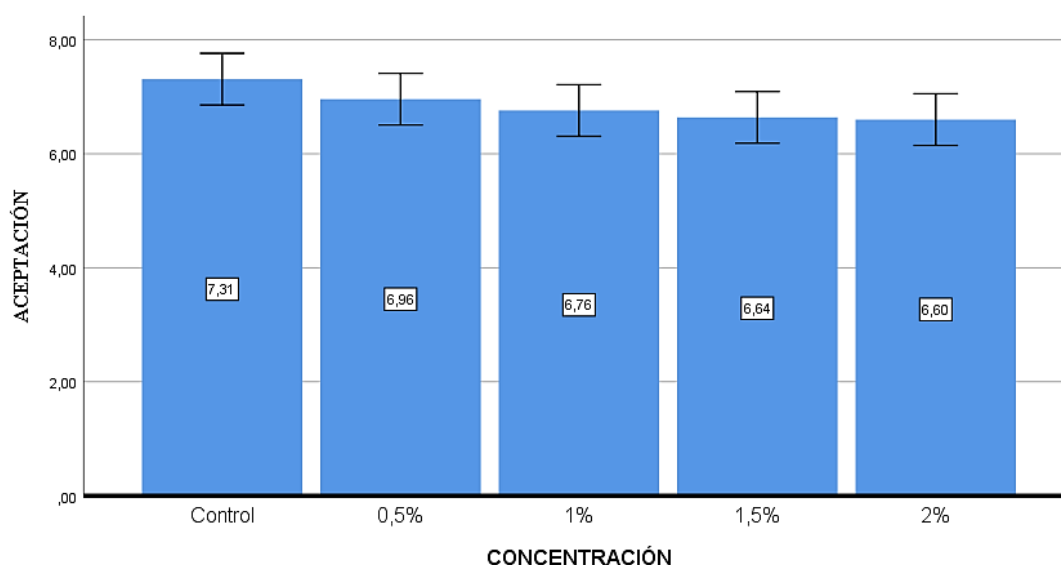
COLOR	APARIENCIA	OLOR	SABOR	TEXTURA
Crema	Fresca	A yogurt	Dulce	Cremosa
Blanco	Brillante	A leche	Fermentado	Blanda
Amarillo	Muy brillante	A fermentado	Ácido	Firme
Anaranjado	Poco brillante	A mashua	A mashua	Homogénea
Marrón	Homogénea	A vainilla	A vainilla	Arenosa
	Viscosa	A manjar	A yogurt	Cremosa con grumos

4.6.2. *Aceptabilidad sensorial del yogurt griego mediante consumidores.*

En la figura 12 se indican las puntuaciones de aceptación conseguidas de los cinco tratamientos de yogurt griego, medidos con una escala hedónica de intensidad de 9 puntos.

Figura 12

Aceptabilidad de los tratamientos de yogurt griego



Nota. En la figura anterior se presenta el grado de aceptación de los 5 tratamientos de yogurt griego (T1 0%: control; T2: 0,5%; T3: 1%; T4: 1,5% y T5: 2%) por parte de los panelistas evaluadores, el porcentaje de harina añadido no influyó en la aceptación de los tratamientos.

En la figura 12 se muestra la aceptación general del tratamiento control y los tratamientos elaborado con diferentes concentraciones de harina de mashua, el T1 (tratamiento control) tuvo mayor aceptación por parte de los consumidores, con una puntuación de 7,31; seguido del T2 que obtuvo una ponderación de 6,96; luego el T3 con 6,76; continuando con el T4 con 6,63 y finalmente el T5 con 6,60. Como podemos observar el porcentaje de harina de mashua añadido produce ligeras diferencias sobre la aceptación general del yogurt griego, pero sin diferencias estadísticas significativas. Teniendo en cuenta los resultados se indica que las concentraciones de harina de mashua añadida no produjo variaciones en cuanto a la aceptación del yogurt griego ya que tanto el tratamiento control como los tratamientos elaborados con harina presentaron una ponderación de “Me gusta bastante”.

Los valores de aceptación del yogurt griego producido con harina de mashua son menores a los reportados por Coronel (2018) en yogures elaborados con tres tipos de

harina de quinua: harina de quinua lavada, cocinada y tostada, quienes exhibieron ponderaciones entre $7,45 \pm 0,58$ y $7,99 \pm 1,24$, medidos con escala hedónica de 9 puntos; en este caso las harinas de quinua influyeron significativamente en la aceptación del yogurt. Por otro parte, Ares et al. (2014) reportaron valores de aceptación más bajos (3,5 y 3,9) en yogures producidos con gelatina, grasa y almidón modificado, medidos con el uso de una escala hedónica de 9 puntos. Las diferencias en las puntuaciones de aceptabilidad pueden estar relacionadas con la composición del producto o también por las características sensoriales que aporta cada tipo de harina estudiada.

También Cárdenas (2021), reportó diferencias estadísticas en la aceptación de yogures elaborados con harina extruida de pepas de palta, los puntajes de aceptabilidad más altos estuvieron entre 3,97 y 4,23, medidos con una escala de intensidad de 5 puntos. Por otro lado, Sánchez (2018) reportó buena aceptación (puntuación cercana a 3) en yogures elaborados con 0,9% de harina de melloco, con puntuación cercana a 3, medida con escala de intensidad de 5 puntos.

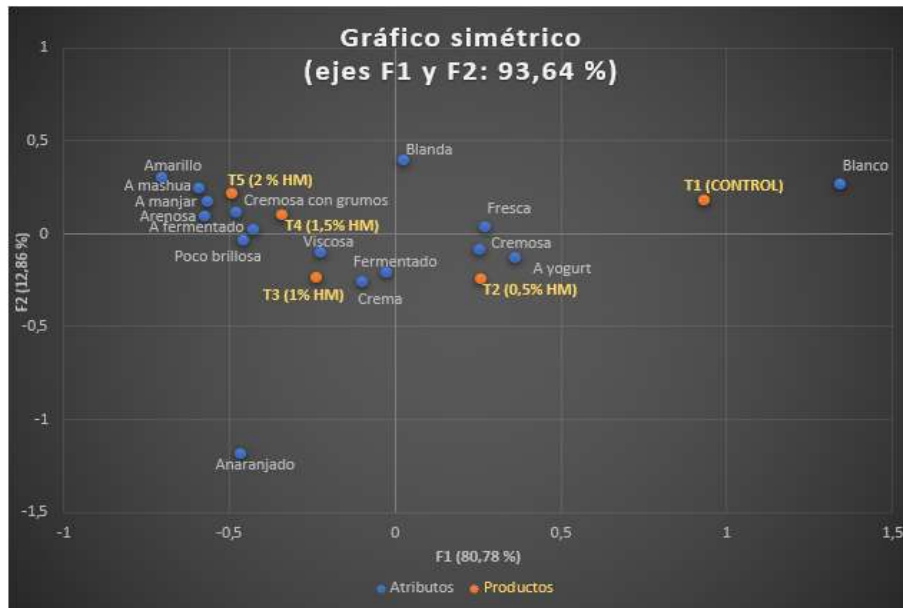
Como podemos observar tanto en la presente investigación como en los estudios realizados por los autores anteriormente citados, los yogures elaborados con harinas de tubérculos o sub productos, tuvieron buena aceptación por parte de los consumidores.

4.6.3. Características sensoriales del yogurt griego mediante consumidores: CATA.

En la figura siguiente (13) se presentan los atributos de las características de color, apariencia, olor, sabor y textura que presentó cada tratamiento de yogurt griego, según lo indicado por el panel evaluador, la ficha de evaluación utilizada para el análisis se presenta en el anexo 2.

Figura 13

Análisis de correspondencia de los atributos del yogurt griego en la primera y segunda dimensión según el método CATA



Nota. T1: en la figura anterior se muestra el análisis de correspondencia de los cinco tratamientos de yogurt griego (control 0%; T2: 0,5%; T3: 1%; T4: 1,5% y T5: 2%) en la primera y segunda dimensión según el método CATA, esto permite identificar de manera clara los atributos que presentaron las características de color, apariencia, olor, sabor y textura presentes en cada tratamiento, como también las similitudes existentes entre uno y el otro, el porcentaje de harina añadido influyó de significativamente ($p < 0,05$) en este indicador.

En la figura anterior (13) se muestran los atributos de los cinco tratamientos de yogurt griego, en la primera y segunda dimensión del estudio de correspondencia, de las características sensoriales de color, apariencia, olor, sabor y textura del yogurt griego; la harina de mashua añadida produjo diferencias significativas ($p < 0,05$) en los atributos estudiados.

Las dimensiones 1 y 2 representan el 12,86 y 80,78% de la varianza total de los datos experimentales; los 5 tratamientos han sido clasificados en cuatro grupos, en el primer grupo se encuentra el T2 (ubicado en los valores positivos de la primera dimensión y en los negativos de la segunda), este yogurt ha sido descrito principalmente con color

crema, apariencia fresca, olor y sabor a fermentado y textura cremosa; el T1 (ubicado en los valores positivos tanto de la primera como de la segunda división), ha sido descrito con color blanco, apariencia fresca, olor a fermentado, sabor a yogurt y textura cremosa; el T3 (ubicado en los valores negativos de la primera y segunda división), este yogurt presentó color crema, apariencia poco brillante, olor y sabor a fermentado y textura cremosa; finalmente el T4 y T5 (ubicados en los valores positivos de la segunda división y en los negativos de la primera división), el T4 fue descrito con color crema, apariencia fresca, olor a fermentado, sabor a yogurt y textura cremosa y el T5 presentó color amarillo, apariencia fresca, olor a fermentado, sabor a mashua y textura cremosa.

Como se puede observar, a pesar de existir diferencias estadísticas significativas, los cinco tratamientos presentaron atributos similares según la percepción de los consumidores, y la presencia de harina de mashua solo es identificada en el tratamiento elaborado con 2% de esta sustancia (T5).

La variación de los atributos sensoriales del yogurt va a depender del tipo de materia prima que se incorporen en su proceso productivo, ya que cada una de ellas presentará diferentes características organolépticas según su origen. Díaz et al. (2021) mencionan que los edulcorantes, la proporción de pulpa, semillas y cascara de pitahaya añadidos al yogurt son los responsables de que existan diferencias estadísticas significativas en los atributos, de los yogures elaborados; también Ares et al. (2014) menciona que las diferencias en los atributos del yogurt elaborado con gelatina, almidón modificado y grasa están relacionadas con dos factores, el primero con el grupo de panelistas evaluadores ya que no todos presentan el mismo gusto hacia un determinado producto y el segundo con la composición del producto.

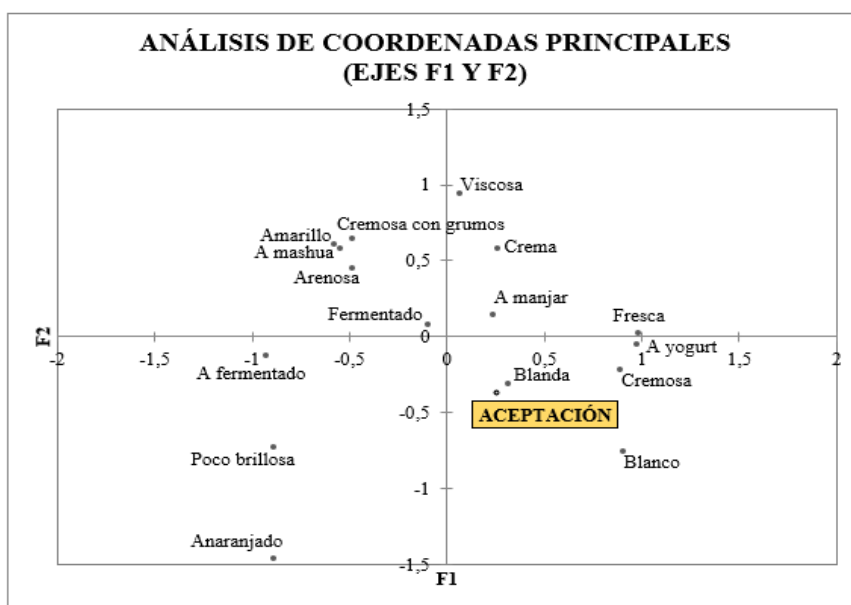
Por lo tanto se concuerda con los autores de que los atributos sensoriales presentes en el yogurt están relacionados con las características sensoriales y composición química

de las materias primas añadidas al proceso productivo del yogurt, ya que cada una de ellas presentarán características diferenciadas según su origen.

A continuación se presenta la escala de intensidad de los atributos con mayor aceptación por parte de los consumidores (figura 14).

Figura 14

Análisis de coordenadas principales de los atributos de los yogures griegos en función a la aceptación



Nota. En la figura se muestran los atributos con mayor y menor aceptación según el punto de vista de los consumidores, el porcentaje de harina de mashua influyó significativamente ($p < 0,05$) en la aceptación de atributos del yogurt griego, según la prueba de comparación de medias de Tukey.

En la figura 14 se observa los resultados producto del análisis de componentes principales de los atributos de los tratamientos de yogurt griego (para los 5 tratamientos) que presentaron mayor y menor aceptación según el punto de vista de los consumidores, la adición de harina de mashua influyó significativamente ($p < 0,05$) en la aceptación de los atributos del yogurt griego. Se observa que los atributos con mayor aceptación son Textura cremosa y blanda, color crema y blanco, apariencia fresca, olor a fermentado y sabor a fermentado y a yogurt; los atributos con menor aceptación son color anaranjado, textura cremosa con grumos, apariencia viscosa, olor a manjar y sabor a mashua.

Ramos et al. (2019), reportaron que los atributos sensoriales con mayor aceptación en yogurt elaborado con dos porcentajes de mermelada de fresa, gelatina y dos cepas de microorganismos silvestres fueron: sabor a yogurt y a fresa, consistente, aroma a fresa, dulce y ácido; por otro lado, Díaz et al. (2021) determinaron que los atributos con mayor aceptación global para el yogurt elaborado con pitajaya (semillas y cascara), azúcar y stevia fueron: sabor a fruta y muy dulce, mientras que los atributos poco dulce y amargo generaron rechazo en los consumidores, los autores mencionan que la fruta y los edulcorantes añadidos son los responsables de que existan diferencias estadísticas significativas en la aceptación de los atributos de los yogures elaborados; también Ares et al. (2014) menciona que la variación en la aceptabilidad tanto del yogurt como de sus atributos está relacionado con la composición del producto.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos y lo indicado por los autores se indica que la aceptación de los atributos del yogurt y las diferencias en las características sensoriales va a depender de su composición y del tipo de harina, fibra o almidón que se hayan incorporado, ya que, dependiendo del origen de estos, cada uno contará con características sensoriales diferentes.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se logró obtener de manera satisfactoria la harina a partir de tubérculos recién cosechados de *Tropaeolum tuberosum* (mashua), procedentes de la comunidad de Progresopampa.
- Se logró obtener de manera satisfactoria los cinco tratamientos de yogurt griego, tanto el testigo como los elaborados con diferentes concentraciones de harina de *Tropaeolum tuberosum* (mashua) (0,5; 1; 1,5 y 2%).
- La adición de harina de mashua al proceso productivo de yogurt griego contribuyó de manera significativa en el pH y la acidez del producto, ya que los tratamientos elaborados con el 0,5%, 1%, 1,5% y 2% de harina de mashua presentaron mayor pH y menor acidez durante el periodo de almacenamiento con relación al tratamiento control; sin embargo, no sucedió lo mismo con el porcentaje de sinéresis debido a que la adición de harina incrementó el grado de sinéresis en vez de reducirlo, pero los valores obtenidos son mucho menores a límite mínimo de sinéresis (42%) con el que debe contar un yogurt de tipo griego; por otro lado, el porcentaje de proteína fue menor en los yogures elaborados con harina de mashua en comparación con el tratamiento control, pero los valores obtenidos fueron mayores al valor mínimo de proteína que debe tener un yogur asentado según el Codex Alimentarius (2011).
- Los cinco tratamientos de yogurt griego presentaron el comportamiento de un fluido no Newtoniano de tipo pseudoplástico, los valores de la tensión de fluencia inicial y de la viscosidad se vieron afectados por el porcentaje de harina

de mashua añadido, ya que a medida que se incrementó esta sustancia los valores para estos indicadores incrementaron.

- La incorporación del 0,5%, 1%, 1,5% y 2% de harina de mashua al yogurt griego, no produjo diferencias significativas en cuanto a la aceptación del producto, ya que los cinco tratamientos fueron muy bien aceptados, obteniendo una ponderación de “Me gusta bastante”; mediante el análisis CATA se puede estimar que los atributos asociados con una mayor aceptabilidad fueron: textura cremosa y blanda, color crema y blanco, apariencia fresca, olor a fermentado y sabor a fermentado y a yogurt; la aceptación favorable de los consumidores hacia el producto garantiza que la adición de la harina de mashua al proceso productivo del yogurt griego es una opción que se debe tomar en cuenta, para mejorar las características sensoriales y fisicoquímicas de este tipo de yogurt, aprovechando las bondades nutricionales y medicinales del tubérculo.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda efectuar un estudio de caracterización de la harina de mashua obtenida a partir de tubérculos de mashua cultivados en la provincia de Chota.
- Para tener un mejor conocimiento de las bondades nutricionales y medicinales del yogurt griego producido con harina de mashua, se recomienda realizar otros estudios de su composición química como: presencia de glucosinolatos, contenido de cenizas, grasas totales, fibra y carbohidratos.
- En la presente investigación no se ha considerado realizar un estudio microbiológico por lo que se recomienda realizar este análisis con la finalidad de garantizar la inocuidad y salubridad del mismo, dentro de estos análisis se debe considerar: recuento de mohos y levaduras, coliformes totales y fecales y *Staphylococcus aureus*. Además, se debe evaluar el efecto que provoca la harina

de mashua en los microorganismos benéficos del yogurt, durante la etapa de incubación y almacenamiento.

- Realizar un estudio sobre el efecto de la temperatura de secado sobre las propiedades fisicoquímicas y reológicas de la harina de mashua, obtenida a partir de tubérculos cultivados en la provincia de Chota.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia Agraria de Noticias. (22 de enero de 2018). Mashua negra, una gran aliada contra el cáncer. <https://agraria.pe/noticias/mashua-negra-una-gran-aliada-contra-el-cancer-15759>
- Alatríste, K. (2002). Efecto de la adición de fibra y calcio en un yogurt con sabor. Association Analytical Chemist.
- Ares, G., Dauber, C., Fernández, A. y Valera, P. (2014). Penalty analysis based on CATA questions to identify drivers of liking and directions for product reformulation- *Food Quality and Preference*, 32, 75-76. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950329313000955?ref=pdf_download&fr=RR-2&rr=7da425a61e6beb93
- Arias-Lamos, D., Molina-Hernández, J. B. y Andrade-Mahecha, M.m. (2019). Evaluación del potencial de uso de epicarpio de maracuyá deshidratado (*Passiflora edulis f. fl avicarpa O. Deg.*) en la formulación de yogurt. *U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 22 (1), 143. <https://doi.org/10.31910/rudca.v22.n1.2019.1145>
- Arteaga-Cano, D., Chacón-Calvo, L., Samamé-Herrera, V., Valverde-Cerna, D. y Paucar-Menacho, L. M. (2022). Mashua (*Tropaeolum tuberosum*): Composición nutricional, características químicas, compuestos bioactivos y propiedades beneficiosas para la salud. *Agroindustrial Science*, 12(1), 95-101. <https://doi.org/10.17268/agroind.sci.2022.01.12>
- Artica, L. (2014). Métodos para análisis fisicoquímicos para la leche y derivados lácteos. @libros y editoriales, TEIA.

<https://luisartica.files.wordpress.com/2011/11/metodos-de-analisis-de-leche-2014.pdf>

Aruquipa, R., Trigo, R., Bosque, H., Mercado, G. y Condori, J. (2016). El isaño (*Tropaeolum tuberosum*) un cultivo de consumo y medicina tradicional en Huataca para el beneficio de la población boliviana. *RILARn*, 3(2), 146-151.
http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2409-16182016000200004

Association of Analytical Communities. (2006). Official Methods of Analysis of AOAC international. Editorial ACRIBIA.

Babio, N., Mena Sánchez, G. y Salas Salvado, J. (2017). Más allá del valor nutricional del yogur: ¿un indicador de la calidad de la dieta? *Nutr Hosp*, 34(4), 26-30.
http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0212-16112017001000006&lng=es&nrm=iso

Banzatto, D. A. y Nascimento Kronka, S. D. (2006). Experimentação agrícola. 4 ed. Jaboticabal.

Behar, H., Reategui, O., Liviach, D., Arcos, J. y Best, I. (2021). Phenolic compounds and in vitro antioxidant activity of six accessions of mashua (*Tropaeolum tuberosum* r. & p.) from puno region, Peru. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 74(3), 9707-9714. 10.15446/rfnam.v74n3.93020

Belusso, A. C., Nogueira, A. A., Breda, L. S. y Mitterer-Daltoé, M. L. (2016). Check all that apply (CATA) as an instrument for the development of fish products. *Food Science and Technology*, 36(2), 275-281. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1678-457X.0026>

Calles, J. A., Cañizares, P., López, B., Rodríguez, F., Santos, A. y Serrano, D. (1999). Ingeniería de la Industria Alimentaria. Síntesis.

https://kupdf.net/download/ingenieria-de-la-industria-alimentaria-volumen-1-conceptos-basicos-j-aguadopdf_59cb891108bbc5b94d686fd2_pdf

Camán, A. R. E., y Vilca Santillan, B. (2016). Evaluación físicoquímica y organoléptica de yogurt natural fortificado con harina de *Chenopodium quinoa* "Quinoa" [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas].

<http://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/UNTRM/1259/INFORM%20TESIS%20BENITA%20Y%20EVELIN%20CD.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Cárdenas, B. M. L. (2021). Influencia de la concentración de harina extruida de semilla de palta (*Persea americana*) en la funcionabilidad del yogurt, [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú].

<https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/7940>

Castañeda, P. B., Manrique, M. R., Gamarra, C. F., Muñoz, J. A., y Ramos, E. F. (2009). Formulación y elaboración preliminar de un yogurt mediante sustitución parcial de harina de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet). *Medicina naturista*, 3(1), 1576-3080.

[https://www.google.com/search?q=Formulaci%C3%B3n+y+elaboraci%C3%B3n+preliminar+de+un+yogurt+mediante+sustituci%C3%B3n+parcial+de+harina+de+tarwi+\(Lupinus+mutabilis+Sweet\).+pdf&oq=Formulaci%C3%B3n+y+elaboraci%C3%B3n+preliminar+de+un+yogurt+mediante+sustituci%C3%B3n+parcial+de+harina+de+tarwi+\(Lupinus+mutabilis+Sweet\).+pdf&aqs=chrome..69i57j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8](https://www.google.com/search?q=Formulaci%C3%B3n+y+elaboraci%C3%B3n+preliminar+de+un+yogurt+mediante+sustituci%C3%B3n+parcial+de+harina+de+tarwi+(Lupinus+mutabilis+Sweet).+pdf&oq=Formulaci%C3%B3n+y+elaboraci%C3%B3n+preliminar+de+un+yogurt+mediante+sustituci%C3%B3n+parcial+de+harina+de+tarwi+(Lupinus+mutabilis+Sweet).+pdf&aqs=chrome..69i57j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8)

Castillo, V. V. J., y Escudero, G. A. C. (2010). Obtención de yogurt enriquecido con mashua (*Tropaeolum tuberosum*) y chocho (*Lupinus mutabilis*) como aporte a la recuperación y revalorización de los cultivos andinos en la comunidad Santa

- Isabel [Trabajo de pregrado, Universidad Nacional de Chimborazo].
<http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/370/1/UNACH-EC-IAGRO-2010-0003.pdf>
- Castro, G. D. D. y Montalvo, M. E. M. (2019). Efecto de la adición de fibra de bagazo de naranja (*Citrus aurantium*) en el perfil reológico, características fisicoquímicas y sensoriales del yogurt [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/5323>
- Ciro, V. H. J. (2006). Reología de fluidos y su aplicación en el área de alimentos. Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín.
<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/59571>
- Codex Alimentarius. (2011). Leches y Productos lácteos. Organización Mundial de la Salud y Organización de las Naciones Unidas Para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/3/i2085s/i2085s.pdf>
- CODEX STAN. (2003). Norma del codex para leches fermentadas, leche y productos lácteos. 2a. ed. http://www.fao.org/input/download/standards/400/CXS_243s.pdf
- Comisión de Promoción del Perú para la Exportación y el Turismo. (19 de septiembre del 2017). La mashua negra y sus propiedades anticancerígenas. <https://peru.info/es-pe/gastronomia/noticias/2/12/la-mashua-negra-y-sus-propiedades-anticancerigenas>
- Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). 2011. Análisis sensorial de alimentos. Instituto de Investigación en Ciencias de la Alimentación (CIAL) e Instituto Mixto CSIC-UAM.
<https://www.google.com/search?q=CURSO+DE+AN%C3%81LISIS+SENSORIAL+DE+ALIMENTOS+OCTUBRE+2011+pdf&oq=CURSO+DE+AN%C3%8>

1LISIS+SENSORIAL+DE+ALIMENTOS+OCTUBRE+2011+pdf&aqs=chrome..69i57j33i160.1989j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8

Córdova, R. J. (2016). Efecto del polvo proteico de papa (*Dosidicus gigas*) como insumo en la elaboración de yogurt [Tesis de posgrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos].

https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/4946/Cordova_rj.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Coronel, F. M. A. (2018). Estudio de las características físico-químicas y sensoriales de yogurt enriquecido con quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) [Tesis doctoral, Universidad de Extremadura]. <https://dehesa.unex.es/handle/10662/9273>

CSIC. 2011. Análisis sensorial de alimentos.

<https://www.google.com/search?q=CURSO+DE+AN%C3%81LISIS+SENSORIAL+DE+ALIMENTOS+OCTUBRE+2011+pdf&oq=CURSO+DE+AN%C3%81LISIS+SENSORIAL+DE+ALIMENTOS+OCTUBRE+2011+pdf&aqs=chrome..69i57j33i160.1989j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8>

Cui, B., Yam-min, L., Cong-Ping, T., Guan-qun, W. y Gui-Hua. L. (2014). Effect of cross-linked acetylated starch content on the structure and stability of set yoghurt. *Food hydrocolloids*, 35, 576-582.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.07.018>

De Oliveira, F. C., Pontelo, J., Vieira, V. A., Silva, E. F., Melo, V. L., Correia, V. T. y Ferreira, A. A. (2020). Greek yogurt with added sorghum flours: antioxidant potential and sensory acceptance. *Revista Chilena de Nutrición*, 47(2), 272-280. <https://doi.org/10.4067/S071775182020000200272>

Del Castillo, S. R. R. y Mestres, L. J. (2004). Productos lácteos. Tecnología. <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.3/36810/9788498802610.pdf>

- Díaz, J. B., Sosa, M. M. E. y Vélez, R. J. F. (2004). Efecto de la adición de fibra y la disminución de grasa en las propiedades fisicoquímicas del yogurt. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 3(3), 287-305. <https://www.redalyc.org/pdf/620/62030307.pdf>
- Díaz, T. M; Villa-Fonseca, D., Álvarez-Solano., Hernando., Larrea. y Hernández-Carrión. (2021). Formulación de un yogurt a partir de pitahaya amarilla y sus subproductos [Tesis de pregrado, Universidad de los Andes]. <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/55701/26065.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Doumenz, T. P. A. (2017). "Aprovechamiento de la cáscara de tuna (*Opuntia ficus indica*) en la elaboración de yogurt griego con fibra soluble", [Tesis de pregrado, Universidad Privada de Tacna]. <http://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/UPT/151/1/Doumenz-Torres-Paula-Andrea.pdf>
- El comercio. (25 de noviembre de 2010). La mashua desinflama la próstata. <https://www.elcomercio.com/tendencias/mashua-desinflama-prostata.html#:~:text=Este%20efecto%20de%20la%20mashua,crecimiento%20de%20las%20c%C3%A9lulas%20inflamadas>
- Espín, C. C. I. (2013). Aporte al rescate de la mashua aplicando técnicas de cocina de vanguardia [Trabajo de pregrado, Universidad de Cuenca]. <http://192.188.48.14/bitstream/123456789/1614/1/tgas76.pdf>
- Esther, P. G. (2016). Estudio del comportamiento reológico de un fluido Reo-Espesante [Trabajo de pregrado, Universidad Carlos III de Madrid]. https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/28482/PFC_Esther_Pascual_Gutierrez.pdf?sequence=1

- Feliciano, M. O., Robles, C. R., Chirre, F. J., Santisteban, R. O., Feliciano, N. J. y Florez, P. W. (2021). Identificación de los principios activos de la mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*) y el efecto del proceso de elaboración de una bebida mix de mashua con piña. *Dialnet*, 40, 171-190.
<https://doi.org/10.26439/ing.ind2021.n40.5150>
- Fernández, F. E., Martínez, H. J. A., Martínez, S. V., Moreno, V. J. M., Collado, Y. L. R., Hernández, C. M. y Morán Rey, F. J. (2015). Documento de consenso: Importancia nutricional y metabólica de la leche. *Nutrición hospitalaria*, 31(1), 92-101. <http://scielo.isciii.es/pdf/nh/v31n1/09revision09.pdf>
- FoodNewsLatam. (11 de Julio de 2016). La mashua y sus beneficios para la salud y su cosecha. Noticias diarias de la industria de alimentos y bebidas de América Latina.
- Gómez, G. M. y Sequeira, N. M. (2015). Estudio del comportamiento del consumidor, [Trabajo de pregrado, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua].
<https://repositorio.unan.edu.ni/3924/1/3084.pdf>
- González, C. M., Moreno, A. G. y López, S. S. (2020). Caracterización nutricional y funcional de la harina de mashua. *Ciencia digital*, 3(3), 199-214.
<https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v3i3.1299>
- Grau, A., Ortega, D. R., Nieto, C. C. y Hernan, M. (2003). Mashua *Tropaeolum tuberosum* Ruíz&Pav. International Potato Center.
[https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=IX38rY6s6PYC&oi=fnd&pg=PA32&dq=Mashua+\(Tropaeolum+tuberosum+Ruiz%0D%0A%26+Pav.\)+pdf&ots=LoLMah8eZO&sig=9Ehjkz0OSIHqL8FhnoRBUhZaGM#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=IX38rY6s6PYC&oi=fnd&pg=PA32&dq=Mashua+(Tropaeolum+tuberosum+Ruiz%0D%0A%26+Pav.)+pdf&ots=LoLMah8eZO&sig=9Ehjkz0OSIHqL8FhnoRBUhZaGM#v=onepage&q&f=false)
- Gutiérrez-Aguirre, Y., Gutiérrez-Vallejo, J. E., Venegas-Manjarrez, J. M., Victoria-Campos, M. y Mares-Mares. (2022). Elaboración de un yogurt griego alto en fibra

y proteína a partir de la incorporación de harina de cascara de plátano (*Musa paradisiaca*). *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 7, 279-284. <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume7/7/10/46.pdf>

Hassan, A. y Amjad, I. (2010). Nutritional evaluation of yogurt prepared by different starter cultures and their physiochemical analysis during storage. *African Journal of Biotechnology*, 9(20), 2013-2917, <https://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/79950>

Hoyos, O. C. y Montes, M. J. (2015). Desarrollo de un yogurt tipo griego a base de leche de búfala con aloe vera (*Aloe barbadensis*), [Tesis de posgrado, Universidad de Córdoba].

<https://repositorio.unicordoba.edu.co/bitstream/handle/ucordoba/1050/INFORME%20FINAL%20J%20Y%20C%202015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Inostroza, L. A., Castro, A. J., Hernández, E. M., Carhuapoma, M., Yuli, R. A., Collado, A., y Córdova, J. S. (2015). Actividad antioxidante de *Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón (mashua) y su aplicación como colorante para yogurt. *Ciencia e investigación*, 18(2), 83-89.

[https://www.google.com/search?q=Actividad+antioxidante+de+Tropaeolum+tuberosum+Ruiz+%26+Pav%C3%B3n+\(mashua\)+y+su+aplicaci%C3%B3n+como+colorante+para+yogurt+pdf&oq=Actividad+antioxidante+de+Tropaeolum+tuberosum+Ruiz+%26+Pav%C3%B3n+\(mashua\)+y+su+aplicaci%C3%B3n+como+colorante+para+yogurt+pdf&aqs=chrome..69i57j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8](https://www.google.com/search?q=Actividad+antioxidante+de+Tropaeolum+tuberosum+Ruiz+%26+Pav%C3%B3n+(mashua)+y+su+aplicaci%C3%B3n+como+colorante+para+yogurt+pdf&oq=Actividad+antioxidante+de+Tropaeolum+tuberosum+Ruiz+%26+Pav%C3%B3n+(mashua)+y+su+aplicaci%C3%B3n+como+colorante+para+yogurt+pdf&aqs=chrome..69i57j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8)

Keating, P. y Gaona, H. (1999). *Introducción a la lactología*. Limusa.

Lau Lee, N. (2018). Caracterización sensorial del yogurt griego disponible en el mercado costarricense [Proyecto de pregradopar, Universidad de Costa Rica].

<http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/4861/1/42272.pdf>

Lepore, J. R. y Dahl, W. J. (2019). La aceptabilidad sensorial de los alimentos en puré.

Universidad de Florida. <https://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/FS/FS21600.pdf>

Lubbers, S., Decourcelle, N., Vallet, N. y Guichard, E. (2004). Flavor Release and

Rheology Behavior of Strawberry Fatfree Stirred Yogurt during Storage.

Agricultural and Food Chemistry, 52, 3077-3082.

<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf0352374>

Manrique, I., Arbizu, C., Vivanco, F., Gonzales, R., Ramírez, C., Chávez, O., Tay, D.,

Ellis, D. (2013). *Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pav. Colección de germoplasmas

de mashua conservadas en el Centro internacional de la papa (CIP). (1ra ed.). doi:

10.4160/9789290604310

Medina, C. E. B. y Uscca, T. Y. K. (2018). Elaboración de cupcakes a partir de harina de

mashua (*Tropaeolum tuberosum*), utilizando como agentes fermentadores

leudantes químicos [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Agustín de

Arequipa].

<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/6346/IAmecoe.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Medina, M. L. A. (2020). Evaluación del efecto del procesamiento por calor sobre el

contenido de glucosinolatos de mashua (*Tropaeolum tuberosum*) deshidratada por

liofilización, [Tesis de Posgrado, Universidad Nacional Jorge Basadre

Grohmann]. <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/4132>

Ministerio de Desarrollo Agrario y cultura y Riego. (2017). Decreto supremo 007 que

aprueba el Reglamento de leche y productos lácteos.

http://www.digesa.minsa.gob.pe/orientacion/DS_7_2017_MINAGRI.pdf

- Mora, A. W. I. (2017). Aplicación de fermentación láctica en el desarrollo de productos para la generación de valor en polen apícola [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia].
<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/62433/1024527620.2017%20sin%20restricci%c3%b3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Mora, P. N. y García, G. A. (2007). Susceptibilidad de bacterias ácido lácticas (BAL) frente a diversos antibióticos [Tesis de pregrado, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo].
<https://uaeh.edu.mx/docencia/Tesis/icbi/licenciatura/documentos/Susceptibilidad%20de%20bacterias%20acido%20lacticas.pdf>
- Mori, N. C. L. (2017). Efecto de la carragenina y sacarosa en la actividad de agua, pH, sinéresis y acidez del yogurt [Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria la Molina].
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3166/Q04-M675-T.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Norma Técnica Andina. (2007). Leche cruda: requisitos. Proyecto de Norma Andina.
chromeextension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/direccionesyoficinas/dgca/normatividadlacteos/Normas_Andinas/PNA_Leche_Cruda_16003.pdf
- Olivera, J. (2011). Caracterización tecnológica de cepas de bacterias ácido lácticas aisladas de la leche [Trabajo de pregrado, Universidad de la República].
<https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/1331/1/uy24-15316.pdf>

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2022).
Panorama regional de la seguridad alimentaria y nutricional.
<https://www.fao.org/3/cc3859es/cc3859es.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2011).
Procesados de lácteos. Ficha técnica. <http://www.fao.org/3/a-au170s.pdf>
- Osorio-Arias, J., Pérez-Martines, A., Vega-Castro, O y Martínez-Monteagudo S. (2020).
Rheological, texture, structural, and functional properties of Greek-style yogurt
fortified with cheese whey-spent coffee ground powder. *LWT - Food Science and
Technology*, 129(2020), 109523.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643820305120?via%3Dihub>
- Panchi, G. A. N. (2013). Determinación de parámetros reológicos en bebidas de frutas
con diferentes concentraciones de sólidos solubles mediante el uso del equipo
universal TA – XT2I [Trabajo de pregrado, Universidad Técnica de Ambato]
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/6561/1/AL%20506.pdf>
- Parra, R. A. (2015). Uso de rubas (*UllucusTuberosus*) en la elaboración y caracterización
de yogurt. *Temas agrarios*, 20(1), 91-120.
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5456281.pdf>
- Parra-Huertas, R. (2012). Evaluación fisicoquímica, proximal y sensorial de una bebida
láctea fermentada con concentrado de rubas (*Ullucus tuberosus*). *Vitae*, 19(1),
225-227. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169823914066>
- Pilataxi, C. A. (2016). Utilización de la oca (*Oxalis tuberosa*) para la elaboración de
yogurt. Riobamba [Trabajo de pre grado, Escuela Superior Politécnica de
Chimborazo].
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/11360/1/84T00512.pdf>

- Puerta, Q. G. I. (2010). Fundamentos del proceso de fermentación en el beneficio del café. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. <http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/345/1/avt0402.pdf>
- Ramírez, N. J. S. (2006). Introducción a la reología de alimentos. *ReCiTeIA*, 6(1). https://www.researchgate.net/publication/259620275_Introduccion_a_la_Reologia_de_Alimentos
- Ramírez, R. J. C., Rosas, U. P., Velázquez, G. M. Y., Ulloa, J. A., y Arce, R. F. (2011). Bacterias lácticas: Importancia en alimentos y sus efectos en la salud. Fuente año, 2(7). <http://fuente.uan.edu.mx/publicaciones/03-07/1.pdf>
- Ramos, J., Barazarte, H. y Pernalette Melissa. (2019). Evaluación sensorial de un yogurt probiótico aplicando pruebas de consumidores. *ASA/EX*. https://www.google.com/search?q=Evaluaci%C3%B3n+sensorial+de+un+yogurt+probi%C3%B3tico+aplicando+pruebas+de+consumidores&rlz=1C1CHWL_e_nPE1041PE1041&oq=Evaluaci%C3%B3n+sensorial+de+un+yogurt+probi%C3%B3tico+aplicando+pruebas+de+consumidores&aqs=chrome..69i57.1118j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8
- Requena, P. J. M. (junio 2013). Harina y derivados, féculas y almidones. https://archivos.csif.es/archivos/andalucia/ensenanza/revistas/iee/Numero_60/JOSE_REQUENA_1.pdf
- Reyes, G. M., Sánchez, P. I. G., Espinoza, B. C., Bravo, R. F., y Ganoza, M. L. (2009). Tablas peruanas de composición de alimentos. Centro Nacional de Alimentos y Nutrición, Instituto Nacional de Salud. <http://www.ins.gob.pe/insvirtual/images/otrpubs/pdf/Tabla%20de%20Alimentos.pdf>

- Ribes, S., Peña, A., Talens, P. y Barat, J. (2021). Chia (*Salvia hispanica L.*) seed mucilage as a fat replacer in yogurts: Effect on their nutritional, technological, and sensory properties. *American Dairy Science Association*, 104, 2822-2833. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19240>
- Rojas, H. Y. y Vergara, R. A. M. (2022). Elaboración de yogurt batido con extracto de quinua roja para elevar su capacidad antioxidante y valor nutricional, [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/10596/Rojas_Herera_Yeny%20y%20Vergara_Rodriguez_Alejandra_Mavel.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Rojas, O., Briceño, M. I. y Avendaño, J. (2012). Fundamentos reológicos. Universidad de los Andes. <https://es.firp-ula.org/wp-content/uploads/2019/07/S521C.pdf>
- Romero, F. A. V. (2022). Efecto de la adición de fibras para la producción y enriquecimiento de Yogurt [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/34941#:~:text=La%20adici%C3%B3n%20de%20fibra%20promete,del%20consumidor%2C%20como%20mejoramiento%20del>
- Ruihong-dong., Wang, L., Jianhua, X., Yi, C., Guanyi, P., Jiayan, X, Nan, S., Shuai, L., Chengxiaoyu. y Qiangyu. (2021). Enrichment of yogurt with carrot soluble dietary fiber prepared by three physical modified treatments: Microstructure, rheology and storage stability. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 75. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2021.102901>
- Salazar, C. M. F. (2014). Procesamiento de harina de mashua (*Tropaeolum tuberosum*) para la aplicación en productos de panadería [Tesis de pregrado, Escuela Superior

<http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/9914/1/84T00349.pdf>

Samaniego, P. L. A. (2010). Caracterización de la Mashua (*Tropaeolum tuberosum* C) en el Ecuador [Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica Equinoccial]. <http://repositorio.ute.edu.ec/handle/123456789/4870>

Sánchez, M. (19 de agosto 2018). Mastuerzo, la planta milagrosa que combate el cáncer de mama. Perú 21. <https://peru21.pe/vida/salud/mastuerzo-planta-milagrosa-combate-cancer-mama-422037-noticia/?ref=p21r>

Sánchez, M. A. E. (2018). Efecto de la adición de harina de melloco (*Ullucus Tuberosus*) variedad amarillo (INIAP-Quillu) en las propiedades fisicoquímicas y reológicas del yogurt bajo en grasa [Tesis de maestría, Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/28254/1/08%20T.AL.pdf>

Sbant, M. (2017). Caracterización de propiedades reológicas de fluidos para aplicaciones en lift mediante técnicas de visión artificial [Trabajo de pregrado, Universidad Politécnica de Madrid]. http://oa.upm.es/47593/1/TFG_MAGDA_SBANT.pdf

Schlimme, E. y Buchheim, W. (2002). La leche y sus componentes – Propiedades Químicas y físicas. Editorial Acribia, S. A.

Sendra, E., Kuri, V., Fernández-López., Sayas-Barberá, E., Navarro, C. y Pérez-Alvarez. (2010). Viscoelastic properties of orange fiber enriched yogurt as a function of fiber dose, size and thermal treatment. LWT – Food Science and Technology, 43, 708-714. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2009.12.005>

Solórzano, B. E. (2018). Estudio de la viscosidad como parámetro de calidad de bebidas lácteas fermentadas expeditas en la ciudad de Cuenca-Ecuador [Tesis de pregrado, Universidad del AZUAY]. <https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/8496>

- Tamine, A. y. Robinson, R. K. (1991). Yogurt: ciencia y tecnología. Editorial Acribia.
- Toro, R. A. I. (2017). Determinación de las características fisicoquímicas de yogurt griego fortificado con harina de quinua (Variedad INIA Salcedo) [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Trujillo]. <http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/10095/Toro%20Ramos%20Aguedita%20Isabel.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Valdivia, C. J. A. (2017). Cambios físico químicos, sensoriales y nutricionales, debido a la evaporación de la leche fresca entera [Trabajo de pregrado, Universidad Nacional Agraria la Molina]. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3101/valdivia-calixto-jorge-andres.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Vargas, A. P. y Hernández, V. D. (2012). Harinas y almidones de yuca, ñame, camote y ñampi: propiedades funcionales y posibles aplicaciones en la industria alimentaria. *Tecnología en Marcha*, 26(1), 37-45. <https://www.google.com/search?q=Harinas+y+almidones+de+yuca%2C+%C3%Blame%2C+camote+y+%C3%B1ampi%3A+propiedades+funcionales+y+posibles+aplicaciones+en+la+industria+alimentaria+pdf&oq=Harinas+y+almidones+de+yuca%2C+%C3%Blame%2C+camote+y+%C3%B1ampi%3A+propiedades+funcionales+y+posibles+aplicaciones+en+la+industria+alimentaria+pdf&aqs=chrome..69i57j0j9&sourceid=chrome&ie=UTF-8>
- Vásquez, A., Abadía, G. L., Amaya, L. S. y Murua, P. (2020). Evaluación de las propiedades funcionales y reológicas de un yogurt tipo griego adicionado con probióticos microencapsulados. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 5, 322-326. chrome-

extension://efaidnbmnnnibpcajpcgglefindmkaj/http://www.fcb.uanl.mx/IDCyT
A/files/volume5/5/5/63.pdf

Vera, B. M. E. (2011). Elaboración y aplicación gastronómica del yogur [Monografía de pregrado, Universidad de Cuenca].
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/1554>

Zapata, I. C., Sepúlveda-Valencia, U. y Rojano, B. A. (20154). Efecto del Tiempo de Almacenamiento sobre las Propiedades Fisicoquímicas, Probióticas y Antioxidantes de Yogurt saborizado con Mortiño (*Vaccinium meridionale Sw*). *Información tecnológica*, 26(2), 17-28. 10.4067/S0718-07642015000200004

CAPÍTULO VII

ANEXOS

Anexo 1. Ficha de levantamiento de perfil sensorial del yogurt griego.

FICHA DE EVALUACIÓN

Edad:

Sexo:

INSTRUCCIONES:

- Ud. deberá evaluar una muestra de yogurt tipo griego.
- Por favor, pruebe el yogurt e indique las características sensoriales que encuentra presentes.
- Recuerde tomar un poco de agua entre muestra y muestra.

Muestra N°:

Por favor escriba hasta 4 palabras para describir cada uno de los atributos de este yogurt.

Color:

1.
2.
3.
4.

Olor:

1.
2.
3.
4.

Sabor:

1.
2.
3.
4.

Consistencia:

1.
2.
3.
4.

Textura:

1.
2.
3.
4.

¡MUCHAS GRACIAS POR SU COLABORACIÓN!

Anexo 3. Análisis de varianza y comparación de medias de Tukey de la variable pH.

- **Análisis de varianza**

Fuente de variación	SC	GL	MC	F	p
TIEMPO	,230	4	,058	1198,653	,000
FORMULACIÓN	,124	4	,031	644,764	,000
Error	,002	50	4,800E-5		
Total, corregido	,389	74			

a. R al cuadrado = .994 (R al cuadrado ajustada = .991)

- **Comparación de medias de Tukey para formulación**

FORMULACIÓN	pH
2 %	4,3347 a
0,5 %	4,3093 b
1 %	4,2960 c
1,5 %	4,2607 d
0 %	4,2180 e

- **Comparación de medias de Tukey para tiempo**

FORMULACIÓN	pH
0 días	4,3660 a
5 días	4,3240 b
10 días	4,2760 c
15 días	4,2387 d
02 días	4,2140 e

Anexo 4. Análisis de varianza y comparación de medias de Tukey de la variable acidez.

- **Análisis de varianza**

FV	SC	GL	MC	F	p
TIEMPO	1,161	4	,290	310,123	,000
FORMULACIÓN	,105	4	,026	28,029	,000
Error	,047	50	,001		
Total, corregido	1,381	74			

a. R al cuadrado = .994 (R al cuadrado ajustada = .991)

- **Comparación de medias de Tukey para formulación**

FORMULACIÓN	ACIDEZ
0 %	1,35800 a
0,5 %	1,35600 a
1 %	1,35533 a
2 %	1,29000 b
1,5 %	1,27200 b

- **Comparación de medias de Tukey para tiempo**

FORMULACIÓN	ACIDEZ
20 días	1,51067 a
15 días	1,36867 b
10 días	1,36533 b
5 días	1,24200 c
0 días	1,14467 d

Anexo 5. Análisis de varianza y comparación de medias de Tukey, de la variable porcentaje de sinéresis.

- **Análisis de varianza**

FV	SC	GL	MC	F	p
TIEMPO	201,837	4	50,459	845,912	,000
FORMULACIÓN	309,369	4	77,342	1296,587	,000
Error	2,983	50	,060		
Total, corregido	581,315	74			

a. R al cuadrado = .994 (R al cuadrado ajustada = .991)

- **Comparación de medias de Tukey para formulación**

FORMULACIÓN	SINÉRESIS
1,5 %	6,00567 a
2 %	5,76733 a
1 %	4,04467 b
0,5%	2,62173 c
0 %	0,56873 d

- **Comparación de medias de Tukey para tiempo**

FORMULACIÓN	SINÉRESIS
20 días	6,14880 a
15 días	5,02807 b
10 días	3,65893 c
5 días	2,60407 d
0 días	1,56827 e

Anexo 6. Análisis de varianza y comparación de medias de Tukey de la variable proteína.

• **Análisis de varianza**

FV	SC	GL	MC	F	p
FORMULACIÓN	309,369	4	77,342	1296,587	,000
Error	,003	10	,000		
Total, corregido	23,227	14			

a. R al cuadrado = 1.000 (R al cuadrado ajustada = 1.000)

• **Comparación de medias de Tukey**

FORMULACIÓN	PROTEÍNA
0 %	9,6333 a
0,5 %	7,7167 b
2 %	6,5933 c
1 %	6,5067 d
1,5 %	6,2967 e

Anexo 7. Análisis de varianza y comparación de medias de Tukey de la variable tensión de fluencia inicial.

• **Análisis de varianza**

FV	SC	GL	MC	F	p
FORMULACIÓN	4	18060	4515	6,000	0,010
Residuales	10	7525	753		
Total, corregido	14	25585			

• **Prueba de comparación de medias**

FORMULACIÓN	TENSIÓN DE FLUENCIA INICIAL (PA)
2,0%	167,55 a
1,5%	139,80 ab
1,0%	113,23 ab
0,5%	89,09 b
Control	70,56 b

Anexo 8. Análisis de varianza y comparación de medias de Tukey de la variable viscosidad.

- **Análisis de varianza**

FV	SC	GL	MC	F	p
FORMULACIÓN	4	24,350	6,087	4,715	0,021
Residuales	10	12,910	1,291		
Total	14	37,260			

- **Prueba de comparación de medias**

FORMULACIÓN	VISCOSIDAD (Pa)
2,0%	14,93 a
1,5%	12,25 ab
1,0%	12,04 ab
Control	11,65 b
0,5%	11,40 b

Anexo 9. Análisis de varianza y comparación de medias de Tukey de la variable aceptabilidad.

- **Análisis de varianza**

FV	SC	GL	MC	F	p
FORMULACIÓN	33,832	4	8,458	1,588	,176
Error	2636,510	495	5,326		
Total	2670,342	499			

a. R al cuadrado = .013 (R al cuadrado ajustada = .005)

- Prueba de comparación de medias

FORMULACIÓN	ACEPTABILIDAD
0%	7,3100 a
0,5%	6,9600 a
1%	6,7600 a
1,5%	6,6400 a
2%	6,6000 a

Anexo 10. Prueba Q de Cochran para cada atributo:

Atributos	valores-p	M1 (CONTROL)	M2 (0,5% HM)	M3 (1% HM)	M4 (1,5% HM)	M5 (2 % HM)
Crema	0,000	0,260 (a)	0,660 (c)	0,670 (c)	0,490 (bc)	0,440 (ab)
Blanco	0,000	0,730 (c)	0,290 (b)	0,020 (a)	0,030 (a)	0,010 (a)
Amarillo	0,000	0 (a)	0,050 (a)	0,290 (b)	0,480 (c)	0,540 (c)
Anaranjado	0,092	0 (a)	0 (a)	0,020 (a)	0 (a)	0 (a)
Marrón	1,000	0 (a)	0 (a)	0 (a)	0 (a)	0 (a)
Fresca	0,015	0,400 (b)	0,290 (ab)	0,250 (ab)	0,280 (ab)	0,200 (a)
Brillosa	0,671	0,300 (a)	0,230 (a)	0,240 (a)	0,230 (a)	0,270 (a)
Muy brillante	0,157	0,070 (a)	0,040 (a)	0,020 (a)	0,030 (a)	0,010 (a)
Poco brillante	0,000	0,020 (a)	0,090 (ab)	0,180 (b)	0,160 (b)	0,190 (b)
Homogénea	0,858	0,150 (a)	0,160 (a)	0,170 (a)	0,130 (a)	0,130 (a)
Viscosa	0,008	0,050 (a)	0,200 (b)	0,140 (ab)	0,170 (ab)	0,190 (b)
A yogurt	0,105	0,580 (a)	0,490 (a)	0,510 (a)	0,490 (a)	0,410 (a)
A leche	0,116	0,290 (a)	0,270 (a)	0,190 (a)	0,200 (a)	0,170 (a)
A fermentado	0,007	0,030 (a)	0,040 (a)	0,140 (a)	0,120 (a)	0,130 (a)
A mashua	0,102	0,010 (a)	0,060 (a)	0,060 (a)	0,040 (a)	0,090 (a)
A vainilla	0,676	0,080 (a)	0,100 (a)	0,070 (a)	0,120 (a)	0,110 (a)
A manjar	0,030	0 (a)	0,030 (ab)	0,030 (ab)	0,030 (ab)	0,080 (b)
Dulce	0,116	0,510 (a)	0,380 (a)	0,370 (a)	0,430 (a)	0,400 (a)
Fermentado	0,032	0,110 (ab)	0,140 (ab)	0,220 (b)	0,080 (a)	0,140 (ab)
Ácido	0,108	0,070 (a)	0,160 (a)	0,160 (a)	0,180 (a)	0,170 (a)
A mashua	0,000	0,010 (a)	0,030 (a)	0,080 (ab)	0,080 (ab)	0,160 (b)
A vainilla	0,862	0,100 (a)	0,080 (a)	0,060 (a)	0,070 (a)	0,070 (a)
A yogurt	0,002	0,190 (b)	0,210 (b)	0,110 (ab)	0,150 (ab)	0,050 (a)
Cremosa	0,000	0,680 (c)	0,610 (c)	0,570 (bc)	0,410 (ab)	0,360 (a)
Blanda	0,021	0,150 (a)	0,070 (a)	0,060 (a)	0,140 (a)	0,180 (a)
Firme	0,358	0,060 (a)	0,090 (a)	0,060 (a)	0,050 (a)	0,030 (a)
Homogénea	0,619	0,080 (a)	0,060 (a)	0,070 (a)	0,070 (a)	0,030 (a)
Arenosa	0,000	0 (a)	0,060 (ab)	0,110 (abc)	0,180 (c)	0,150 (bc)
Cremosa con grumos	0,000	0,020 (a)	0,100 (ab)	0,130 (abc)	0,150 (bc)	0,240 (c)

Anexo 11. Registro fotográfico de las actividades más importantes desarrolladas como parte de la ejecución de la presente investigación.

Figura 15

Recepción, lavado y desinfección de los tubérculos de mashua



Figura 16

Acondicionamiento de la materia prima (mashua) y deshidratado de la misma para eliminar el agua presente en el tubérculo



Figura 17

Hojuelas de mashua deshidratadas



Figura 18

Análisis de la densidad de la leche cruda de vaca.



Figura 19

Proceso productivo del yogurt griego: etapa de pasteurización de la leche cruda de vaca



Figura 20

Incubación de los tratamientos de yogurt griego mediante el uso de una incubadora artesanal



Figura 21

Proceso de filtrado o desuerado de los tratamientos de yogurt griego



Figura 22

Envasado de yogurt griego en frascos de vidrio para posterior análisis fisicoquímico durante 20 días de almacenamiento



Figura 23

Almacenamiento de los cinco tratamientos de yogurt griego en temperatura de refrigeración



Figura 24

Análisis de pH de los cinco tratamientos de yogurt griego



Figura 25

Análisis de acidez de los tratamientos de yogurt griego mediante el método de acidez titulable



Figura 26

Análisis del grado de sinéresis de los tratamientos de yogurt griego mediante el método de centrifugación



Figura 27

Levantamiento de atributos del yogurt griego mediante el apoyo de 20 consumidores habituales del producto



Figura 28

Análisis sensorial de los tratamientos de yogurt griego mediante el apoyo de 100 consumidores



Tabla 9*Data de análisis reológicos*

<i>Velocidad</i>	<i>T1R1</i>	<i>T1R2</i>	<i>T1R3</i>	<i>T2R1</i>	<i>T2R2</i>	<i>T2R3</i>	<i>T3R1</i>	<i>T3R2</i>	<i>T3R3</i>	<i>T4R1</i>	<i>T4R2</i>	<i>T4R3</i>	<i>T5R1</i>	<i>T5R2</i>	<i>T5R3</i>
0,100	184,89	131,36	126,92	153,68	141,37	135,34	172,41	152,96	170,01	184,03	147,57	128,38	203,21	222,87	155,82
0,141	197,47	140,14	135,34	163,17	150,92	144,15	183,77	163,12	182,34	195,88	157,19	136,5	215,74	240,96	167,43
0,199	210,67	149,34	144,34	172,86	160,81	153,2	195,23	173,52	194,79	208,22	167,19	144,34	228,85	255,44	179,77
0,282	224,95	158,87	153,42	182,4	170,93	162,45	206,57	184,25	207,74	220,96	176,93	151,9	241,96	270,36	192,34
0,398	238,81	168,47	162,68	191,88	180,8	171,48	217,2	194,84	221,23	233,08	185,19	155,09	254,64	285,08	205,17
0,562	252,43	178,51	171,85	201,23	190,47	180,79	226,36	205,16	234,58	240,65	187,37	154,87	262,1	297,83	217,69
0,794	265,31	188,96	182,01	211,14	200,46	191,27	233,58	213,15	246,61	238,27	178,75	150,04	265,72	305,59	230,46
1,120	278,63	201	194,29	224,05	213,08	202,64	240,14	221,47	256,51	239,47	178,79	150,37	269,53	311,91	242,45
1,580	296,07	215,88	210,86	238,85	227,61	217,97	248,81	232,37	268,12	243,81	181,71	153,9	277,29	320,93	256,6
2,240	318,88	235,77	231,63	257,71	246,36	237,86	262,65	249,25	284,52	252,21	191,23	164,49	290,71	334,19	273,24
3,160	349,14	262,91	258,55	282,56	270,59	262,92	284,58	273,28	308,19	268,7	209,6	182,76	313,99	357,55	296,21
4,460	387,6	309,73	305,28	315,27	310,86	294,79	317,36	314,98	342,21	293,48	236,07	207,63	347,77	392,17	328,71
6,310	435,42	344,79	340	365,85	348,79	341,57	392,09	378	414,2	348,39	291,56	254,78	411,98	454,25	381,6
8,910	486,73	389,46	383,51	408,3	399,51	382,14	459,19	444,22	493,11	418,58	362,34	332,76	504,54	541,19	437,54
12,600	541,67	439,44	432,02	456,34	442,42	426,99	518,57	497,3	553,42	483,05	425,44	426,5	603,74	624,82	490,16
17,800	565,85	489,75	484,41	507,64	490,67	474,69	585,32	556,42	622,83	540,15	474,25	486,49	679,97	701,6	547,61
25,100	614,44	536,36	531,78	549,66	536,04	518,86	639,27	606,87	678,31	588,47	516,87	545,93	760,64	780,57	599,61
35,500	650,65	567,39	521,87	564,17	578,86	562,8	622,28	639,86	652,23	607,87	564,81	595,83	806	819,94	648,6
50,100	647,54	571,7	527,68	556,03	578,07	576,03	612,98	655,81	536,86	626,24	598,29	613,27	816,35	781,62	641,66
70,800	612,64	552,15	566,13	572,68	565,75	551,02	613,58	647,44	567,05	636,53	616,73	625,24	787,69	779,7	656,24
100,000	599,61	559,65	562,35	558,08	559,84	549,84	639,05	643,75	441,96	592,74	611,38	619,41	782,21	716,21	672,02

Tabla 10*Data de los indicadores: tensión de fluencia inicial y viscosidad*

<i>Tratamientos</i>	<i>Tensión de fluencia inicial (Pa)</i>	<i>Viscosidad (Pa.s)</i>
T1R1	90,675	12,951
T1R2	72,028	11,433
T1R3	48,984	10,553
T2R1	91,953	11,122
T2R2	89,991	11,561
T2R3	85,336	11,518
T3R1	126,639	12,261
T3R2	107,738	13,114
T3R3	105,312	10,755
T4R1	171,000	12,522
T4R2	135,051	11,961
T4R3	113,344	12,263
T5R1	184,992	16,325
T5R2	204,680	15,638
T5R3	112,976	12,834

Figura 29

Fichas de ejecución de ensayos: contenido proteico de los tratamientos de yogurt griego, reportados por la Universidad Nacional Agraria la Molina



LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos



INFORME DE ENSAYOS

N° 001410-2022

SOLICITANTE : RUIZ BARBOZA YULIZA
DIRECCIÓN LEGAL : JR. ELEODORO BENEL 210- CHOTA
RUC : 10742842865 Teléfono : 967898509

PRODUCTO : YOGURT GRIEGO
NÚMERO DE MUESTRAS : Uno
IDENTIFICACIÓN/MTRA : CODIGO: T1
CANTIDAD RECIBIDA : 392 g (+envase) de muestra proporcionada por el solicitante.
MARCA(S) : S.M.
FORMA DE PRESENTACIÓN : Envasado, la muestra ingresa en frasco de vidrio cerrado a 3,4 °C de temperatura.
SOLICITUD DE SERVICIOS : S/S N°EN- 000845 -2022
REFERENCIA : ACEPTACION TELEFONICA
FECHA DE RECEPCIÓN : 24/03/2022
ENSAYOS SOLICITADOS : FÍSICO / QUÍMICO
PERÍODO DE CUSTODIA : No aplica

RESULTADOS:

ENSAYOS FÍSICOS / QUÍMICOS:

ALCANCE: N.A.

ENSAYOS	PROMEDIO	RESULTADO 1	RESULTADO 2	RESULTADO 3
L - Proteína (g/100 g de muestra original) (Factor: 6,38)	9,6	9,64	9,62	9,64

MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO:

1 - NTP 202.119:1998

FECHA DE EJECUCIÓN DE ENSAYOS: Del 25/03/2022 Al 30/03/2022.

ADVERTENCIA:

- 1.- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso a La Molina Calidad Total - Laboratorios son de responsabilidad del Solicitante.
- 2.- Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente Informe sin la autorización de La Molina Calidad Total - Laboratorios.
- 3.- Válido solo para la cantidad recibida. No es un certificado de Conformidad ni Certificado del Sistema de Calidad de quien lo produce.

La Molina, 30 de Marzo de 2022



LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS -UNALM

Mg. Quím. Elsa Huamani Parodes
Directora Técnica (e)
C.Q.P. N° 470



INFORME DE ENSAYOS

N° 001408-2022

SOLICITANTE : RUIZ BARBOZA YULIZA
DIRECCIÓN LEGAL : JR. ELEODORO BENEL 210- CHOTA
RUC : 10742842865 Teléfono : 967898509

PRODUCTO : YOGURT GRIEGO
NUMERO DE MUESTRAS : Uno
IDENTIFICACIÓN/MTRA : CODIGO: T2
CANTIDAD RECIBIDA : 359,3 g (+envase) de muestra proporcionada por el solicitante.
MARCA(S) : S.M.
FORMA DE PRESENTACIÓN : Envasado, la muestra ingresa en frasco de vidrio cerrado a 3,4 °C de temperatura.
SOLICITUD DE SERVICIOS : S/S N°EN- 000845 -2022
REFERENCIA : ACEPTACION TELEFONICA
FECHA DE RECEPCIÓN : 24/03/2022
ENSAYOS SOLICITADOS : FÍSICO / QUÍMICO
PERÍODO DE CUSTODIA : No aplica

RESULTADOS:

ENSAYOS FÍSICOS / QUÍMICOS:

ALCANCE: N.A.

ENSAYOS	PROMEDIO	RESULTADO 1	RESULTADO 2	RESULTADO 3
1 - Proteína (g/100 g de muestra original) (Factor: 6,38)	7,7	7,74	7,72	7,69

MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO:

1 - NTP 202.119:1998

FECHA DE EJECUCIÓN DE ENSAYOS: Del 25/03/2022 Al 30/03/2022.

ADVERTENCIA:

- 1- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso a La Molina Calidad Total - Laboratorios son de responsabilidad del Solicitante.
- 2- Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente Informe sin la autorización de La Molina Calidad Total - Laboratorios.
- 3- Válido solo para la cantidad recibida. No es un certificado de Conformidad ni Certificado del Sistema de Calidad de quien lo produce.

La Molina, 30 de Marzo de 2022



LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS - UNALM

Mg. Quim. Elsa Huaman Paredes
Directora Técnica (e)
C.Q.P N° 470



INFORME DE ENSAYOS

N° 001411-2022

SOLICITANTE : RUIZ BARBOZA YULIZA
DIRECCIÓN LEGAL : JR. ELEODORO BENEL 210- CHOTA
 RUC : 10742842865 Teléfono : 967898509
PRODUCTO : YOGURT GRIEGO
NUMERO DE MUESTRAS : Uno
IDENTIFICACIÓN/MTRA : CODIGO: T3
CANTIDAD RECIBIDA : 395,5 g (+envase) de muestra proporcionada por el solicitante.
MARCA(S) : S.M.
FORMA DE PRESENTACIÓN : Envasado, la muestra ingresa en frasco de vidrio cerrado a 3,4 °C de temperatura.
SOLICITUD DE SERVICIOS : S/S N°EN- 000845 -2022
REFERENCIA : ACEPTACION TELEFONICA
FECHA DE RECEPCIÓN : 24/03/2022
ENSAYOS SOLICITADOS : FÍSICO / QUÍMICO
PERÍODO DE CUSTODIA : No aplica

RESULTADOS:

ENSAYOS FÍSICOS / QUÍMICOS:

ALCANCE: N.A.

ENSAYOS	PROMEDIO	RESULTADO 1	RESULTADO 2	RESULTADO 3
1 - Proteína (g/100 g de muestra original) (Factor: 6,38)	6,5	6,49	6,52	6,51

MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO:

1 - NTP 202.119:1998

FECHA DE EJECUCIÓN DE ENSAYOS: Del 25/03/2022 Al 30/03/2022.

ADVERTENCIA:

- 1.- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso a La Molina Calidad Total - Laboratorios son de responsabilidad del Solicitante.
- 2.- Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente Informe sin la autorización de La Molina Calidad Total - Laboratorios.
- 3.- Válido solo para la cantidad recibida. No es un certificado de Conformidad ni Certificado del Sistema de Calidad de quien lo produce.

La Molina, 30 de Marzo de 2022



LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS - UNALM

Mg. Quim. Elsa Huaman Paredes
 Directora Técnica (e)
 C.Q.P. N° 470



INFORME DE ENSAYOS

N° 001409-2022

SOLICITANTE : RUIZ BARBOZA YULIZA
DIRECCIÓN LEGAL : JR. ELEODORO BENEL 210- CHOTA
 RUC : 10742842865 Teléfono : 967898509
PRODUCTO : YOGURT GRIEGO
NUMERO DE MUESTRAS : Uno
IDENTIFICACIÓN/MTRA : CODIGO: T4
CANTIDAD RECIBIDA : 395,2 g (+envase) de muestra proporcionada por el solicitante.
MARCA(S) : S.M.
FORMA DE PRESENTACIÓN : Envasado, la muestra ingresa en frasco de vidrio cerrado a 3,4 °C de temperatura.
SOLICITUD DE SERVICIOS : S/S N°EN- 000845 -2022
REFERENCIA : ACEPTACION TELEFONICA
FECHA DE RECEPCIÓN : 24/03/2022
ENSAYOS SOLICITADOS : FÍSICO / QUÍMICO
PERÍODO DE CUSTODIA : No aplica

RESULTADOS:

ENSAYOS FÍSICOS / QUÍMICOS:

ALCANCE: N.A.

ENSAYOS	PROMEDIO	RESULTADO 1	RESULTADO 2	RESULTADO 3
1 - Proteína (g/100 g de muestra original) (Factor: 6.38)	6,3	6,29	6,29	6,31

MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO:

1 - NTP 202.119:1998

FECHA DE EJECUCIÓN DE ENSAYOS: Del 25/03/2022 Al 30/03/2022.

ADVERTENCIA:

- 1 - El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso a La Molina Calidad Total - Laboratorios son de responsabilidad del Solicitante.
- 2 - Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente Informe sin la autorización de La Molina Calidad Total - Laboratorios.
- 3 - Válido sólo para la cantidad recibida. No es un certificado de Conformidad ni Certificado del Sistema de Calidad de quien lo produce.

La Molina, 30 de Marzo de 2022



LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS -UNALM

 Mg. Quím. Elsa Rosman Paredes
 Directora Técnica (e)
 C.Q.P N° 470



INFORME DE ENSAYOS

N° 001412-2022

SOLICITANTE : RUIZ BARBOZA YULIZA
DIRECCIÓN LEGAL : JR. ELEODORO BENEL 210- CHOTA
RUC : 10742842865 Teléfono : 967898509
PRODUCTO : YOGURT GRIEGO
NUMERO DE MUESTRAS : Uno
IDENTIFICACIÓN/MTRA : CODIGO: T5
CANTIDAD RECIBIDA : 401,6 g (+envase) de muestra proporcionada por el solicitante.
MARCA(S) : S.M.
FORMA DE PRESENTACIÓN : Envasado, la muestra ingresa en frasco de vidrio cerrado a 3,4 °C de temperatura.
SOLICITUD DE SERVICIOS : S/S N°EN- 000845 -2022
REFERENCIA : ACEPTACION TELEFONICA
FECHA DE RECEPCIÓN : 24/03/2022
ENSAYOS SOLICITADOS : FÍSICO / QUÍMICO
PERÍODO DE CUSTODIA : No aplica
RESULTADOS:

ENSAYOS FÍSICOS / QUÍMICOS:

ALCANCE: N.A.

ENSAYOS	PROMEDIO	RESULTADO 1	RESULTADO 2	RESULTADO 3
1 - Proteína (g/100 g de muestra original) (Factor: 6,38)	6,6	6,61	6,58	6,59

MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO:

1 - NTP 202.119:1998

FECHA DE EJECUCIÓN DE ENSAYOS: Del 25/03/2022 Al 30/03/2022.

ADVERTENCIA:

- 1.- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso a La Molina Calidad Total - Laboratorios son de responsabilidad del Solicitante.
- 2.- Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente Informe sin la autorización de La Molina Calidad Total - Laboratorios.
- 3.- Valido solo para la cantidad recibida. No es un certificado de Conformidad ni Certificado del Sistema de Calidad de quien lo produce.

La Molina, 30 de Marzo de 2022



LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS - UNALM

Mg. Quím. Elsa Huaman Paredes
Directora Técnica (e)
C.Q.P N° 470