

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALURGIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



TESIS:

**Efecto de la adición de extracto de tarwi (*Lupinus mutabilis*
Sweet) sobre las características fisicoquímicas, funcionales y
sensoriales del yogurt**

Para optar el título profesional de:
INGENIERO AGROINDUSTRIAL

PRESENTADO POR:
Bach. Tony GUTIERREZ MENDOZA

ASESOR:
Dr. Saúl Ricardo CHUQUI DIESTRA

AYACUCHO - PERÚ

2025

DEDICATORIA

A DIOS porque es el rey del universo y único dueño de mi vida, por haberme otorgado una familia maravillosa, quienes han creído en mí, dándome ejemplo de respeto, superación, sacrificio y humildad, enseñándome a valorar todo lo que tengo mi esposa PRICILA e hija JHASHIMEN ZEYNEP a quienes amo con todo el alma y son el motivo de mi inspiración.

AGRADECIMIENTOS

- *A Dios por su amor infinito, porque tú eres la fuente de la gloria y la riqueza; tú estás a cargo de todo. Tú tienes el poder y la fuerza; tú eres quien da a todos su grandeza y fortaleza, y te doy gracias por ello, oh Dios de mi salvación.*
- *A mi esposa e hija por su amor y apoyo incondicional quienes están conmigo en todo tiempo en mis debilidades como en mis logros.*
- *A mis profesores de la FIQM, mi alma máter, la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, con trescientos años de antigüedad, y de manera especial a los docentes de la E. P. de Ingeniería Agroindustrial, por su compromiso y su incesante intercambio de experiencias con el fin de garantizar mi formación académica de primer nivel.*
- *Al Dr. Saúl Ricardo Chuqui Diestra por darse el tiempo de asesorar esta investigación y el apoyo profesional para culminarlo.*
- *A mi padre y madre, hermanos y hermanas, amistades y a los que contribuyeron de alguna forma en este peldaño académico.*

RESUMEN

La presente investigación tuvo como finalidad evaluar cómo influye la adición de extracto de tarwi (*Lupinus mutabilis sweet*) en proporciones de 20, 30 y 40% sobre el yogurt. Se utilizó un diseño completamente aleatorio (CRD) para crear los tres tratamientos. Se evaluaron tanto las propiedades funcionales (polifenoles totales y capacidad antioxidante) como las fisicoquímicas (proteínas, grasas, acidez titulable, pH y viscosidad). Se utilizó una escala hedónica de 5 puntos para evaluar las cualidades organolépticas (color, olor, sabor, textura y aspecto general) de 30 jueces. Los resultados obtenidos expresan que el valor proteico y graso, porcentaje de acidez titulable, viscosidad y valor de pH mostraron significancia estadística diferente ($p < 0,05$) cuyo valores variaron entre 3,41 a 3,59%; 2,61 a 2,89%; 0,741 a 0,848%; 4,98 a 5,49 y 3509,51 a 3741,61 cP respectivamente. Los polifenoles totales y la capacidad antioxidante también mostraron influencia estadística significativa ($p < 0,05$) al adicionar extracto de tarwi al yogurt cuyo valores estuvieron entre 0,384 a 0,711 mg G.A.E./g y 78,66 a 157,24 μ M trolox/100 g respectivamente. En el aspecto sensorial del yogurt con extracto de tarwi desamargado se determinó aceptabilidad general que según escala hedónica empleada fue de 4 puntos que corresponde al calificativo de "BUENO" para la adición de 20% de extracto añadido, en base a la calificación de atributos como olor, color, sabor, textura y apariencia general.

Palabras clave: *extracto de tarwi desamargado, yogurt, diseño completo al azar, polifenoles totales, capacidad antioxidante.*

ABSTRACT

The purpose of this study was to evaluate how the addition of lupin (*Lupinus mutabilis* sweet) extract in proportions of 20, 30, and 40% influences yogurt. A completely randomized design (CRD) was used to create the three treatments. Both functional properties (total polyphenols and antioxidant capacity) and physicochemical properties (proteins, fats, titratable acidity, pH, and viscosity) were evaluated. A 5-point hedonic scale was used to evaluate the organoleptic qualities (color, smell, taste, texture, and overall appearance) by 30 judges. The results obtained show that the protein and fat content, percentage of titratable acidity, viscosity, and pH value showed statistically significant differences ($p < 0.05$), with values ranging from 3.41 to 3.59%; 2.61 to 2.89%; 0.741 to 0.848%; 4.98 to 5.49 and 3509.51 to 3741.61 cP, respectively. Total polyphenols and antioxidant capacity also showed a statistically significant influence ($p < 0.05$) when adding lupin extract to yogurt, with values ranging from 0.384 to 0.711 mg G.A.E./g and 78.66 to 157.24 μ M trolox/100 g, respectively. In terms of the sensory aspect of yogurt with debittered tarwi extract, general acceptability was determined according to the hedonic scale used, which was 4 points, corresponding to the rating of "GOOD" for the addition of 20% extract, based on the rating of attributes such as smell, color, taste, texture, and overall appearance.

Key words: *Debittered tarwi extract, yogurt, complete random design, total polyphenols, antioxidant capacity.*

ÍNDICE

RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
INTRODUCCIÓN	
CAPÍTULO I: PROBLEMÁTICA DE LA INVESTIGACIÓN	
1.1 Planteamiento del problema	2
1.2 Formulación del problema	2
1.3 Objetivos de la investigación	3
1.4 Hipótesis	3
1.5 Justificación	4
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	
2.1 Antecedentes	5
2.2 El tarwi (<i>Lupinus mutabilis</i> Sweet)	7
2.2.1 Aspectos generales	7
2.2.2 Clasificación taxonómica	8
2.2.3 Valor nutricional	8
2.2.4 Compuestos bioactivos en el tarwi	10
2.2.5 Desamargado del tarwi	12
2.3 Yogurt	12
2.3.1 Aspectos generales	12
2.3.2 Catálogo del yogurt	13
2.3.3 Pasos de obtención del yogurt	14
2.3.4 Factores bioquímicos que suceden en el proceso de elaboración	16
2.3.5 Características fisicoquímicas del yogurt	16
2.4 Análisis organoléptico	19
2.4.1 Pruebas afectivas	19
2.4.2 Escala hedónica	20
2.4.3 Aspectos sensoriales de la calidad del yogurt	20
CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS	
3.1 Materiales	22
3.1.1 Materia prima y otros	22
3.1.2 Materiales de laboratorio	22
3.1.3 Reactivos	22
3.2 Equipos e instrumentos	23
3.3 Métodos de análisis fisicoquímicos	23

3.3.1	Análisis fisicoquímico del tarwi	23
3.3.2	Análisis fisicoquímico del yogurt con adición de extracto de tarwi desamargado	23
3.3.3	Análisis funcional del yogurt con extracto de tarwi desamargado	24
3.3.4	Análisis sensorial	24
3.4	Metodología experimental	24
3.4.1	Elaboración de extracto de tarwi (<i>Lupinus mutabilis sweet</i>)	25
3.4.2	Obtención de yogurt con adición de extracto de tarwi desamargado	26
3.5	Diseño estadístico	28
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN		
4.1	Propiedades de la materia prima	29
4.1.1	Propiedad fisicoquímica del tarwi entero y desamargado	29
4.1.2	Propiedad funcional del tarwi desamargado	31
4.1.3	Propiedad fisicoquímica de la leche entera de vaca	32
4.2.	Propiedad fisicoquímica del yogurt con adición de extracto de tarwi desamargado según diseño planteado	33
4.2.1	Análisis estadístico de la proteína del yogurt con adición de extracto de tarwi desamargado	36
4.2.2	Análisis estadístico del contenido graso del yogurt con adición de extracto de tarwi desamargado	38
4.2.3	Análisis estadístico de la acidez titulable del yogurt con adición de extracto de tarwi desamargado	39
4.2.4	Análisis estadístico del pH del yogurt con adición de extracto de tarwi desamargado	41
4.2.5	Análisis estadístico de la viscosidad del yogurt con adición de extracto de tarwi desamargado	43
4.3	Propiedad funcional del yogurt con adición de extracto de tarwi desamargado según diseño planteado	44
4.3.1	Exploración estadística de los polifenoles totales del yogurt con adición de extracto de tarwi desamargado	45
4.3.2	Exploración estadística de capacidad antioxidante del yogurt con adición de extracto de tarwi desamargado	47
4.4	Exploración organoléptica del yogurt con adición de extracto de tarwi desamargado	48
4.4.1	Ensayo de Friedman para el atributo COLOR	49
4.4.2	Ensayo de Friedman para el atributo OLOR	51

4.4.3	Ensayo de Friedman para el SABOR	53
4.4.4	Ensayo de Friedman para la TEXTURA	55
4.4.5	Ensayo de Friedman para la Apariencia general	57
4.5	Comparación de hipótesis del diseño metodológico del trabajo	59
V	CONCLUSIONES	62
VI	RECOMENDACIONES	63
VII	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64
VIII	ANEXOS	71

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	El tarwi (<i>Lupinus mutabilis</i> Sweet)	8
Figura 2	Flujograma de elaboración de yogurt	17
Figura 3	Diseño experimental planteado en el presente estudio	25
Figura 4	Diagrama de flujo para elaborar yogurt con adición de extracto de tarwi	27
Figura 5	Análisis gráfico de los valores fisicoquímicos del yogurt con adición de extracto de tarwi	35
Figura 6	Representación gráfica de los valores de polifenoles totales y capacidad antioxidante del yogurt con la adición de extracto de Tarwi desamargado	45
Figura 7	Representación gráfica de los valores del análisis organoléptico del yogurt con la adición de extracto de tarwi desamargado	49
Figura 8	Rangos promedio de Friedman del atributo color	49
Figura 9	Información de campo continuo según Friedman para el atributo color del tratamiento T1 (20%)	51
Figura 10	Rangos de análisis de Friedman del atributo olor	51
Figura 11	Información de campo continuo según Friedman para el atributo olor del tratamiento T1 (20%)	53
Figura 12	Rangos de análisis de Friedman del atributo sabor	53
Figura 13	Información de campo continuo según Friedman para el atributo sabor del tratamiento T1 (20%)	55
Figura 14	Rangos de análisis de Friedman del atributo textura	55
Figura 15	Información de campo continuo según Friedman para el atributo textura del tratamiento T1 (20%)	57
Figura 16	Rangos de análisis de Friedman del atributo apariencia general	57
Figura 17	Información de campo continuo según Friedman para el atributo Apariencia general del tratamiento T1 (20%)	59

LISTA DE TABLAS

Tabla 1	Valor nutricional del tarwi (<i>Lupinus mutabilis</i> Sweet) (En 100 gramos de parte comestible)	10
Tabla 2	Parámetros fisicoquímicos del yogurt	18
Tabla 3	Parámetros microbiológicos del yogurt	18
Tabla 4	Metodología de diseño empleado en la investigación	28
Tabla 5	Composición química del tarwi (g /100 g parte comestible)	30
Tabla 6	Composición fisicoquímica del extracto de tarwi desamargado	31
Tabla 7	Características funcionales del tarwi desamargado	31
Tabla 8	Características fisicoquímicas de la leche de vaca	33
Tabla 9	Valores fisicoquímicas del yogurt con adición de extracto de tarwi desamargado	34
Tabla 10	ANOVA del contenido proteico del yogurt con la adición de extracto de tarwi desamargado	36
Tabla 11	Prueba de Tukey para el contenido proteico del yogurt con adición de extracto de tarwi desamargado	37
Tabla 12	ANOVA del contenido graso del yogurt con la adición de extracto de tarwi desamargado	38
Tabla 13	Prueba de Tukey para el contenido graso del yogurt con adición de extracto de tarwi desamargado	38
Tabla 14	ANOVA de la acidez titulable del yogurt con la adición de extracto de tarwi desamargado	39
Tabla 15	Prueba de Tukey para acidez titulable del yogurt con adición de extracto de tarwi desamargado	40
Tabla 16	ANOVA del pH del yogurt con la adición de adición de extracto desamargado	41

Tabla 17	Prueba de Tukey para el pH del yogurt con adición de extracto de tarwi desamargado	41
Tabla 18	ANOVA de la viscosidad del yogurt con la adición de extracto de tarwi desamargado	43
Tabla 19	Prueba de Tukey para la viscosidad del yogurt con adición de extracto de tarwi desamargado	43
Tabla 20	Valores funcionales del yogurt con la adición de extracto de tarwi desamargado	44
Tabla 21	ANOVA de los polifenoles totales del yogurt adición de extracto de tarwi desamargado	46
Tabla 22	Prueba de Tukey para los polifenoles totales del yogurt con adición de extracto de tarwi desamargado	46
Tabla 23	ANOVA de la capacidad antioxidante del yogurt con la adición de extracto de tarwi desamargado	47
Tabla 24	Prueba de Tukey para la viscosidad del yogurt con adición de extracto de tarwi desamargado	47
Tabla 25	Evaluación organoléptica del yogurt con la adición de extracto de tarwi desamargado	48
Tabla 26	Estadísticos de Friedman para el atributo COLOR	50
Tabla 27	Prueba de comparación de medias del atributo COLOR según Friedman	50
Tabla 28	Estadísticos de Friedman para el atributo OLOR	52
Tabla 29	Prueba de comparación de medias del atributo OLOR según Friedman	52
Tabla 30	Análisis de Friedman para el atributo SABOR	54
Tabla 31	Prueba de comparación de medias del atributo SABOR según	

	Friedman	54
Tabla 32	Análisis de Friedman para el atributo TEXTURA	56
Tabla 33	Prueba de comparación de medias del atributo TEXTURA según Friedman	56
Tabla 34	Análisis de Friedman para el atributo Apariencia general	57
Tabla 35	Prueba de comparación de medias del atributo Apariencia general según Friedman	58
Tabla 36	Análisis de las propiedades organolépticas del yogurt con la adición de extracto de tarwi desamargado	60

ANEXOS

Anexo 1	Información técnica de las bacterias lácticas	72
Anexo 2	Formato sensorial del yogurt con extracto de tarwi desamargado	73
Anexo 3	Resultados organolépticos del yogurt con extracto de tarwi desamargado	75
Anexo 4	Determinación de proteínas en el yogurt (Método SORENSEN)	80
Anexo 5	Determinación de polifenoles totales	81
Anexo 6	Determinación de la capacidad antioxidante (Método DPPH)	83
Anexo 7	Panel fotográfico del trabajo de investigación	85

INTRODUCCIÓN

Uno de los factores que contribuyen a la tendencia creciente del consumo de productos más saludables es la mayor prevalencia de afectaciones no transmisibles como obesidad, diabetes, males del corazón y neoplasias malignas, que está elevando las tasas de mortalidad a nivel mundial. Por este motivo, la OMS recomienda ingerir productos procesados con bajo contenido de azúcar, sal y lípidos saturados (OMS, 2019).

El proceso de elaboración del yogur inicia con la elección adecuada de la materia prima y una formulación cuidadosa para crear la mezcla líquida de calidad constante que sea adecuada para el tipo de yogur que se va a producir. Para garantizar el potencial de sabor del yogur, la mayoría de insumos lácteos se deben seleccionar por su aporte nutritivo. Cualquier componente que pueda actuar de manera negativa en el crecimiento del cultivo del yogur debe eliminarse de la leche utilizada para su elaboración.

Con el fin de ofrecer a los consumidores un producto nutricionalmente aceptable, los estudios sobre el yogur se han centrado en la técnica de fabricación, el uso de componentes distintos a los que se utilizan habitualmente y la adición de elementos nutricionales (Andrade, Arteaga y Simanca, 2010).

Según Suárez et al. (2014), en la producción de yogur se utilizan diversos ingredientes, como frutas, aromatizantes y colorantes naturales o artificiales, agentes estabilizantes como gomas vegetales, gelatina, pectina y almidones, y edulcorantes como glucosa y sacarosa. Estos aportan al producto estabilidad fisicoquímica, lo que mejora sus cualidades sensoriales y prolonga su vida útil.

El tarwi o lupino (*Lupinus mutabilis*) se resalta por su proporción equilibrada de ácidos grasos y carbohidratos, así como por su alto contenido en proteínas. Se utiliza como ingrediente o sustituto en productos manufacturados como refrescos, néctares y manjares. Se recolecta en la zona andina del Perú, así en países como Colombia, Venezuela, Ecuador, Bolivia, Argentina y Chile. Tapia (2015).

Por ello, en este estudio se planteó el siguiente objetivo principal: Efecto de la adición de extracto de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) en las características fisicoquímicas, funcionales y sensoriales del yogurt.

CAPITULO I

PROBLEMÁTICA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Planteamiento del problema

Para mejorar la salud y la calidad de vida y reducir el riesgo de padecer enfermedades no transmisibles, actualmente se está impulsando la creación de productos que sean sabrosos, nutritivos y saludables para el organismo humano.

El consumo de productos naturales y orgánicos también está ganando popularidad, siempre y cuando estos satisfagan las expectativas y deseos de los clientes. Esto implica crear productos más saludables y seguros que sean iguales o mejores que los alimentos tradicionales en términos de nutrientes.

Uno de los problemas más frecuentes en Perú y en nuestra región es el déficit nutricional en diversas etapas del desarrollo. Dado que también se sabe que tiene un mayor impacto en las personas mayores, las mujeres embarazadas y los niños, una fórmula novedosa de producto lácteo que contiene un extracto de «tarwi» podría apoyar a satisfacer sus requerimientos nutricionales y a prevenir enfermedades provocadas por la escasez de nutrientes.

En esta investigación se busca aprovechar el tarwi para así utilizar en la formulación y producción del yogurt a fin de obtener un producto nutritivo y saludable.

1.2 Formulación del problema

General

¿Cómo influirá la incorporación de extracto de tarwi (*Lupinus mutabilis sweet*) sobre las características fisicoquímicas, funcionales y organolépticas del yogurt?

Específicos

- ¿Cómo se determinarán las características fisicoquímicas del extracto de tarwi (*Lupinus mutabilis sweet*)?
- ¿Cómo se formulará y producirá el yogurt con la adición de extracto de tarwi (*Lupinus mutabilis sweet*)?
- ¿Cuáles serán las características fisicoquímicas del yogurt con la adición de extracto de tarwi (*Lupinus mutabilis sweet*)?
- ¿Cuáles serán las características funcionales del yogurt con la adición de extracto de tarwi (*Lupinus mutabilis sweet*)?
- ¿Cómo se evaluará las características sensoriales del yogurt con la adición de extracto de tarwi (*Lupinus mutabilis sweet*)?

1.3 Objetivos

General

Evaluar el efecto de la adición de extracto de tarwi (*Lupinus mutabilis sweet*) sobre las características fisicoquímicas, funcionales y sensoriales del yogurt

Específicos

- Determinar las características fisicoquímicas del extracto de tarwi (*Lupinus mutabilis sweet*).
- Formular y producir el yogurt con la adición de extracto de tarwi (*Lupinus mutabilis sweet*).
- Evaluar las características fisicoquímicas del yogurt con la adición de extracto de tarwi (*Lupinus mutabilis sweet*).
- Evaluar las características funcionales del yogurt con la adición de extracto de tarwi (*Lupinus mutabilis sweet*).
- Evaluar las características sensoriales del yogurt con la adición de extracto de tarwi (*Lupinus mutabilis sweet*).

1.4 Hipótesis

Hipótesis general

La adición de extracto de tarwi (*Lupinus mutabilis sweet*) en el yogurt tendrá influencias positivas sobre las características fisicoquímicas, funcionales y sensoriales.

Hipótesis específicas

- Al emplear métodos de análisis instrumental será posible determinar las propiedades fisicoquímicas del extracto de tarwi.
- Con una formulación adecuada de extracto de tarwi (*Lupinus mutabilis sweet*) se producirá un yogurt con buena calidad.
- Con metodologías analíticas instrumentales será posible evaluar las características fisicoquímicas del yogurt con extracto de tarwi (*Lupinus mutabilis sweet*).
- Con metodologías analíticas instrumentales será posible evaluar las características funcionales del yogurt con extracto de tarwi (*Lupinus mutabilis sweet*).
- Evaluando las características sensoriales del yogurt con extracto de tarwi (*Lupinus mutabilis sweet*) se tendrá un producto con aceptabilidad por el consumidor.

1.5 Justificación.

Los productos saludables con nutrientes y sustancias bioactivas son cada vez más populares hoy en día como medio para evitar enfermedades no contagiables como el aumento de peso y la diabetes.

Dependiendo de si el tarwi se cocina o se deja crudo, su valor nutricional y composición química pueden variar. A diferencia del tarwi cocido, que tiene 153 g de energía, 69,7 g de agua, 11,6 g de proteínas, 8,6 g de grasas y 9,6 g de carbohidratos por cada 100 gramos, el tarwi crudo tiene 227 g de energía, 46,3 g de agua, 17,3 g de proteínas, 17,5 g de grasas y 17,3 g de carbohidratos por cada 100 gramos (Quico, 2013).

La fabricación de productos que contienen probióticos —microorganismos beneficiosos para la salud— satisface las expectativas de los clientes que eligen comidas que, además de su valor nutricional, previenen enfermedades, lo que ha creado un mercado muy interesante.

Dado que el tarwi es más estable que la leche y tiene beneficios para la salud, esta investigación es importante porque puede utilizarse para crear un extracto acuoso que puede emplearse en la formulación y fabricación de yogur. Es una verdadera protección natural contra todo tipo de enfermedades y trastornos debido a su acción sobre el sistema digestivo.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

Salvatierra (2014) llevó a cabo una investigación en la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Nacional de Huancavelica. Los efectos de la adición de diferentes cantidades de harina de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) en las propiedades organolépticas del dulce de leche revelaron que: La adición de harina de lupino (*Lupinus mutabilis* Sweet) tuvo un impacto significativo en las características sensoriales de color, olor, textura y sabor en comparación con la muestra de control a la que no se le añadió harina de tarwi. Como resultado, los panelistas semicualificados mostraron bajos niveles de aceptabilidad del producto. De las muestras a las que se les añadió tarwi, la adición del 2 % recibió el mayor grado de aceptación.

Castilla y Muñoz, (2017) en su tesis: “Elaboración de un yogur cuchareable fortificado con zumo de vegetales encapsulado y cáscara de piña pulverizada para población infantil”, concluyeron lo siguiente:

“Se desarrolló un diseño experimental que consistió en mantener constante la adición de zumo encapsulado en alginato de sodio y variar la cantidad de CPP (cáscara de piña pulverizada) además de un control, en concentraciones del 5, 7 y 9 % (T1, T2 y T3)”. Con una tasa de sinéresis del 18,34 %, T2 fue el tratamiento que mejor respondió, lo que indica una diferencia sustancial entre los tratamientos y la legislación. En tanto queda claro que las grageas ayudaron a regular este parámetro al absorber agua. La normativa tuvo la mejor respuesta en términos del resultado de viscosidad (3812,3 cP). No obstante, T1 y T2 logran satisfacer el requisito de yogur para comer con cuchara, y hay variaciones notables entre los tratamientos y el control. Sin embargo, según las normas establecidas por la Resolución 333 de 2011, se determinó que T2 era una fuente saludable de fibra y calcio. Dado que T2 se encontraba dentro del rango de viscosidad especificado y tenía el porcentaje de sinéresis más bajo, se eligió como muestra para el análisis organoléptico. Los panelistas probaron las cápsulas y, basándose en el análisis sensorial, se consideró que el alimento era apto para el consumo. La principal queja fue la textura arenosa de la harina en boca. Dado que utiliza un subproducto de la industria alimentaria y aumenta el contenido de calcio en un 75 % en comparación

con un yogur cremoso normal, la adición de CPP y el uso de zumo vegetal encapsulado podrían utilizarse en la producción y formulación de un yogur cremoso.

(Huayta, 2019) evaluó las propiedades sensoriales del yogur con aislado de proteína añadido procedente de harina de tarwi (*Lupinus mutabilis*), investigó el impacto de añadir aislado de proteína procedente de harina de tarwi en las propiedades organolépticas del yogur y evaluó la aceptabilidad mediante una evaluación sensorial de cuatro tratamientos (5 %, 7,5 %, 10 % y un control de «aislado de proteína de harina de tarwi»). Treinta jueces semicualificados utilizaron una escala de 5 puntos para evaluar los tratamientos. Se evaluaron el sabor, el color, el aroma, la textura y el aspecto general. Se utilizó un diseño de bloques completamente aleatorio para el análisis estadístico y se realizó la prueba de comparación de Tukey con un nivel de significación del 0,05 % para identificar diferencias estadísticamente significativas. T2 tenía un sabor, olor, color, textura y aspecto general superiores al 5 %, que era el porcentaje ideal de adición de «aislado de proteína de harina de tarwi». Los porcentajes de humedad (67,48 %), grasa (2,05 %), proteína (1,93 %), carbohidratos (28,54 %), pH (4,11), acidez g/100 ml (0,3731) y densidad Kg/cm³ (1,035) se determinaron mediante exámenes fisicoquímicos y microbiológicos. Según el análisis microbiológico, el recuento de mohos (UFC/ml) y el recuento de levaduras (UFC/ml) fueron inferiores a 10.

Seguil et al., (2019) evaluaron la eliminación de alcaloides del tarwi (*Lupinus mutabilis*) utilizando tres métodos diferentes: extracción convencional, extracción obtenida por ultrasonidos a una frecuencia de 40 kHz y extracción asistida por microondas. El método convencional a 120 RPM produjo la tasa de extracción más alta, del 0,85 % (alcaloide residual), seguido del desamargado por microondas (600 vatios) con una tasa de extracción más alta, del 0,909 % (alcaloide residual), y el ultrasonido al 50 % con una tasa de extracción más alta, del 1,643 % residual, según la prueba de Tukey del 5 %. Las estadísticas utilizan un diseño de bloques completamente aleatorio con un nivel de error del 5 %, en el que se observan diferencias significativas en todas las extracciones con respecto a los parámetros del estudio.

(Huaraca et al., 2021) en su investigación “Fortificación de yogurt con hierro hémico y su aceptación en niños del sector rural de la región Apurímac” En comparación con una muestra de control, investigaron el yogur enriquecido con

hierro hemo elaborado a partir de harina de sangre de cerdo precocinada con niveles de enriquecimiento del 5 %, 10 % y 15 %. Con una variación de densidad de 1,05 a 1,07 (g/ml), una variación de acidez de 70,16 a 74,00 °D, una variación de pH de 4,45 a 4,56 y una humedad que oscilaba entre el 70,23 y el 79,43 (%b.h.), el yogur enriquecido presentaba características físicas y químicas aceptables. El contenido de proteínas osciló entre el 4,26 % y el 6,45 %, el contenido de grasas entre el 3,27 % y el 4,882 %, el contenido de cenizas entre el 0,84 % y el 1,07 %, el de carbohidratos entre el 8,20 % y el 12,14 %, el energético entre 95,39 y 103,35 kcal/100, el de hierro entre 2,09 y 4,53 mg/100, y el color estaba por encima de la tolerancia. Los niños que participaron en el programa Qali Warma mostraron un nivel de aceptación al 10% del color, el sabor, el olor y la textura en sus evaluaciones sensoriales, siendo una alternativa de consumo en alto contenido en hierro y proteína.

2.2 El tarwi (*Lupinus mutabilis Sweet*)

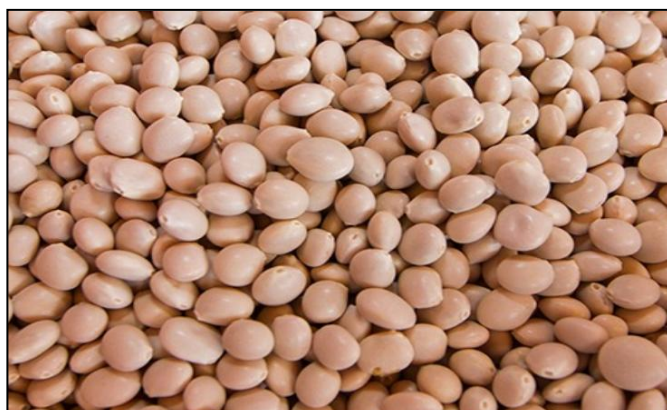
2.2.1 Generalidades

La legumbre conocida como tarwi, o *Lupinus mutabilis Sweet*, es propia de los Andes de Bolivia, Ecuador y Perú. Es muy apreciada por su alto contenido en proteínas y sus cualidades agronómicas, entre las que se incluyen su tolerancia a las situaciones áridas y su propiedad para fijar el nitrógeno atmosférico en las plantas. Es un producto valioso en la dieta humana, ya que puede soportar altitudes de entre 2800 y 3600 msnm y tiene una mayor proporción de proteínas y extracto etéreo que la soja. Se incluye con frecuencia en guisos, postres y otros platos que favorecen el crecimiento y el desarrollo cerebral de los niños debido a su alto contenido en calcio y aminoácidos (Allende et al., 2019).

Muchas tribus precolombinas sudamericanas conocían la legumbre tarwi. Era un cultivo crucial para el aporte de proteínas. Una de sus características es que prospera en suelos desfavorables y tiene cualidades que ayudan a los cultivos al captar nitrógeno y eliminar fósforo. Castañeda afirma que el tarwi es un miembro de la familia Leguminosidae del género *Lupinus*. Se conoce comúnmente como «tarwi» o «chocho», y su especie es *Lupinus mutabilis*. La altura de la planta oscila entre 0,8 y 1 m. Produce vainas de semillas de un centímetro de diámetro que pueden ser blancas, marrones o negras. Debido a los alcaloides amargos que contienen, el tarwi debe ser desamargado para eliminar los alcaloides, que impiden su consumo directo. (Huisa, 2018).

Figura 1

El tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet)



Obtenido de <https://peru.info/el-tarwi>

2.2.2 Taxonomía

Según Sven y Mujica (2006), el tarwi es un vegetal del género Lupino, de la familia Fabaceae, que cuenta con más de 300 especies y está ampliamente extendida por todo el mundo.

La clasificación taxonómica es la siguiente:

División	: Fanerógamas
Clase	: Dicotiledóneas.
Orden	: Fabales.
Familia	: Fabaceae.
Tribu	: Genisteas
Género	: Lupinus.
Especie	: <i>Lupinus mutabilis</i> Sweet
Nombres Comunes	: Tarwi, lupino, tauri, chocho.

2.2.3 Valor nutricional

Al realizar estudios en algo mayor a 300 distintos genotipos de tarwi, mostraron que la proteína varía de 41-51% y la grasa de 14-24%. Por lo tanto, la proteína es inversamente proporcional al contenido de grasa. El contenido de ácidos grasos del grano de chocho se destaca la presencia de ácidos grasos insaturados como el ácido linoleico (omega 6), el 27 oleico (omega 9) en cantidades significativas y el ácido linolénico (omega 3) en bajas concentraciones. A diferencia de los

oligosacáridos como la rafinosa y la verbascosa, que se eliminan durante el proceso de desamargado o eliminación de alcaloides, los carbohidratos tienen un bajo contenido en almidón y sacarosa (Urrutia, 2010), tal y como menciona Caiza (2011).

Con un 54,05 % de proteínas, un 21,22 % de grasas, un 10,37 % de fibra, un 77,05 % de humedad, un 2,54 % de cenizas, un 0,03 % de alcaloides, un 0,73 % de azúcares totales, un 0,61 % de azúcares reductores y un 2,88 % de almidón, el tarwi desamargado es un alimento rico en micro y macronutrientes. También se ha descubierto la presencia de macroelementos como potasio (0,02 %), magnesio (0,07 %), hierro (0,02 %), manganeso (0,02 %), zinc (0,02 %), cobre (0,02 %), cobalto (0,02 %), molibdeno (0,02 %) y selenio (0,02 %). 2,88 % de almidón y azúcares reductores. Además, se ha descubierto que contiene macroelementos como potasio, magnesio, calcio y fósforo. Por el contrario, los porcentajes de microelementos que se encuentran en el tarwi desamargado incluyen un 74,25 % de hierro, un 63,21 % de zinc, un 18,47 % de manganeso y un 7,99 % de cobre. Además, el tarwi desamargado contiene un 0,09 % de betacaroteno, un 0,52 % de tiamina, un 0,42 % de riboflavina y un 4,01 % de niacina. Dependiendo de si el tarwi se cocina o se deja crudo, su valor nutricional y su composición química pueden variar. Según nuestros cálculos, el lupino crudo contiene 227 Kcal de energía, 46,3% de agua, 17,3% de proteínas, 17,5% de grasas y 17,3% de carbohidratos. Por el contrario, el tarwi cocido contiene energía (153 Kcal), 68,6% de agua, 11,6% de proteínas, 8,6% de grasas y 9,6% de carbohidratos. (Quico, 2013).

El tarwi (*Lupinus mutabilis*) contiene numerosos aminoácidos, entre ellos isoleucina, leucina, lisina, metionina, cisteína, fenilalanina, tirosina, treonina, triptófano y valina. La tirosina, la histidina, el triptófano y la fenilalanina son algunos de estos aminoácidos que entran en la categoría de aminoácidos aromáticos. Estos aminoácidos sirven como bloques de construcción para los neurotransmisores necesarios para el comportamiento y la cognición, como el triptófano, que es un precursor de la dopamina y la dopa. (Quian, 2019).

Tabla 1*Valor nutricional del tarwi (Lupinus mutabilis Sweet)*

Componente	Unidad	Contenido	
		1	2
Energía	Kcal	-	369,0
Humedad	%	7,7	11,70
Proteínas	%	44,3	42,20
Grasa	%	16,5	16,00
Carbohidratos	%	28,2	26,70
Fibra	%	7,1	-
Cenizas	%	3,3	-
Calcio	mg	-	98,00
Fósforo	mg	-	542,00
Hierro	mg	-	7,80
Tiamina	mg	-	7,80

Extraído de ¹(Caiza, 2011), ²(Indecopi, 2017)

2.2.4 Compuestos bioactivos en el tarwi

Polifenoles totales

Los compuestos fenólicos, que son antioxidantes naturales que ayudan a detener el avance de muchos males como la neoplasia y la aterosclerosis, se encuentran entre las familias más prevalentes de metabolitos secundarios que se encuentran en las legumbres (Dueñas et al. 2009). Además de actuar como fungicidas y bacteriostáticos, las diversas sustancias químicas fenólicas presentes en semillas de altramuza podrían afectar color y el sabor (Dueñas et al. 2012). Las sustancias orgánicas producidas por el organismo que no intervienen directamente en su desarrollo o reproducción se conocen como metabolitos secundarios (Siger et al., 2012). Al contrario de lo que ocurre con los metabolitos primarios, la supervivencia no se ve obstaculizada por la ausencia de un metabolito secundario, aunque en ocasiones puede verse considerablemente afectada (Erbaş et al. 2005).

Todas las partes de la planta de tarwi (lupino), incluyendo el tallo, las hojas, las raíces y las semillas, contienen compuestos fenólicos. Las diferentes partes de la planta tienen distintos contenidos de compuestos fenólicos. Se ha descubierto que las raíces de *L. exaltatus* contienen más isoflavonas que los tallos (García-López et al. 2006). Las estaciones, los ciclos de desarrollo de las plantas, los lugares de

cultivo, los genotipos y las especies influyen en las sustancias fenólicas (Siger et al., 2012). Dado que cada etapa del período vegetativo de la planta tiene necesidades biológicas únicas, experimenta condiciones ambientales únicas y desarrolla mecanismos de defensa únicos, existen variaciones en el contenido fenólico. Según D'Agostina et al., (2008), las plantas sembradas en otoño tenían un mayor contenido de isoflavonas que las sembradas en primavera.

En acetona acuosa al 70 % v/v de diferentes variedades de altramuz (*L. albus*, *angustifolius*, *luteus*, *mutabilis* e *hispanicus*), la cantidad total de procianidina (representada como (+)-catequina) y extractos fenólicos (representados como ácido gálico) osciló entre 70 y 530 mg/kg de semilla y entre 7 y 70 g/kg de semilla, respectivamente (Ricardo-da-Silva et al., 1993). Ocho genotipos de *L. angustifolius* tenían contenidos fenólicos totales que oscilaban entre 11,9 y 14,7 mg/g de equiv. de catequina, según otro estudio (Oomah et al., 2006).

Antioxidantes

Una sustancia química que puede ralentizar o detener la oxidación de otras moléculas se denomina antioxidante. Según Oomah et al. (2006), la oxidación es una reacción química en la que los electrones se transfieren de una molécula que se oxida debido a la pérdida de electrones a otra que se reduce debido a la ganancia de electrones. Los radicales libres, que pueden iniciar reacciones en serie que podrían dañar las células, pueden producirse a través de reacciones de oxidación. Al oxidarse ellos mismos, los antioxidantes evitan nuevas reacciones de oxidación y detienen estos procesos eliminando los radicales libres intermedios (Ranilla et al. 2009).

Las potentes capacidades antioxidantes y de eliminación de radicales libres de los compuestos fenólicos pueden estar relacionadas con la protección contra enfermedades que ofrecen (Guerreo-Ochoa et al. 2015). El sistema autoinmune del organismo que los consume se ve afectado por esta característica. Además de la especie y la variedad, el grado de madurez también influye en el contenido fenólico (Martínez-Villaluenga et al., 2009).

En comparación con otras legumbres, la actividad antioxidante de los altramuces es similar (Martínez-Villaluenga et al., 2009) o, en ocasiones, inferior (Wang et al. 2008). Los altramuces contienen compuestos fenólicos, como flavonoides y taninos (Oomah et al. 2006). Aunque Rumiya et al., (2013) señalaron que no existe una correlación particular entre el contenido fenólico total y la actividad antioxidante en los altramuces, existe una cierta correlación positiva entre ambos (Siger et al.

2012). Esto se debe al hecho de que otras sustancias, como los tocoferoles y los carotenoides, que también se encuentran en los altramuces, pueden favorecer la actividad antioxidante. Por lo tanto, el poder antioxidante se ve significativamente afectado por las circunstancias que rodean el procedimiento de extracción de antioxidantes. Tsaliki et al. (1999), precisan que el extracto de metanol caliente tiene mejor capacidad antioxidante que el extracto frío. Sin embargo, como señalan Martínez-Villaluenga et al. (2009), la actividad antioxidativa se evalúa mediante técnicas espectrofotométricas.

Según Martínez-Villaluenga et al. (2009), la actividad antioxidante de eliminación de radicales DPPH osciló entre 2,83 y 3,09 $\mu\text{mol trolox/g}$, mientras que la capacidad antioxidante de las semillas de altramuz crudas, evaluada mediante el ensayo TEAC, osciló entre 47 y 71 $\mu\text{mol trolox/g}$ en base seca. Sin embargo, según Fernández-Orozco et al. (2008), los niveles de TEAC eran más bajos en las semillas crudas de frijol y soja.

2.2.5 Proceso de desamargado del tarwi

Suca y Suca (2015) afirman que el tarwi se utiliza principalmente como producto agrícola industrial elaborado a partir de granos de sabor amargo que no contienen sustancias nocivas para la salud humana. Como resultado, se producen diversos productos con múltiples aplicaciones en la agricultura industrial.

Según Rayo (2020), la harina de tarwi también se utilizaba en la industria para elaborar fideos y otros productos salados y dulces. El objetivo de la industrialización del tarwi era crear tres productos a partir de granos prerrefinados: harina, leche y «aceite». No se sabe nada sobre alternativas a los métodos tradicionales más conocidos (hervir, limpiar e hidratar). Calupiña y Tipán (2018) realizaron un estudio sobre el amargor del tarwi utilizando tres métodos distintos: convencional, fermentado y germinado. También examinaron varios ecotipos de tarwi y midieron el índice de cosecha a los cinco meses y a los ocho meses después de la siembra.

A continuación se describe los métodos de desamargado de tarwi:

Desamargado por método tradicional

Según Quispe (2012), los pueblos andinos reconocieron en su momento que estos frutos eran venenosos e incomedibles, pero supieron aprovechar la oportunidad para cultivarlos y descubrir un método para convertir los altramuces amargos en un plato sabroso. Descubrieron que, tras hervirlas, las semillas se deshidratan para su

almacenamiento y deben sumergirse en un chorro de agua constante durante unos días antes de consumirlas.

Desamargado por método Cusco

Según Tapia (2015), los granos de tarwi se remojaron durante 18 a 24 horas en un tanque de circulación. Después, las semillas remojadas se cocinaron al vapor durante 40 minutos en una olla a presión con dos cambios de agua. Para eliminar el amargor más rápidamente, se añaden 55 g de lejía (ceniza de rastrojo de quinua). A continuación, los granos se limpian mecánicamente y se agitan en una cesta durante diez minutos cada hora para garantizar una agitación adecuada. Esto incrementa el proceso de lavado a cuarenta y ocho horas. Por último, los granos amargos se exponen al sol durante uno o dos días.

Desamargado por método ultrasonido

Las ventajas del ultrasonido frente a los métodos convencionales, como la reducción de los periodos de extracción, secado y otros procesos, sientan las bases para su aplicación en el procesamiento de alimentos. La ecografía de potencia es una tecnología novedosa que ha suscitado mucho perspectiva debido a sus posibles aplicaciones en la manufactura y está reconocida como un método que contribuye a la mejora o transformación de los procesos (Robles y Ochoa, 2012).

El ultrasonido es una técnica relativamente nueva que se ha mostrado prometedora en la manufactura térmica y en el mantenimiento de las cualidades nutricionales, que es lo que buscan los tecnólogos alimentarios (Orlando, 2011).

(Seguil et al., 2019) descubrieron que la energía ultrasónica elimina el 50 % de los alcaloides residuales, es decir, el 1,643 %, y que existe una diferencia estadística del 40 % entre la cantidad de alcaloides eliminados con energía ultrasónica intermedia y energía ultrasónica. La cavitación aumentará con la temperatura hasta alcanzar un límite del 50 % de la energía ultrasónica, o aproximadamente 50 °C. Esto explica por qué la energía ultrasónica en kHz, una medida para la extracción asistida por microondas, es del 50 %. Además, afirma que se producirá una disminución de la presión en la matriz cuando se supere este umbral, lo que reducirá el efecto sonoquímico.

2.3 El yogurt

2.3.1 Generalidades

Dos bacterias termófilas fermentan para generar yogurt, un producto lácteo coagulado. Estas bacterias le dan al yogurt su grado de acidez y aroma específico (Silva y col., 2014).

Moreira et al. (2017) afirman que el yogurt es un producto nutricionalmente beneficioso para la salud; así como también reduce el colesterol, previene la neoplasia maligna y reforzar el sistema inmunitario.

Fu et al. (2016) describen el yogurt como una mezcla viscoelástica gelatinosa compuesta principalmente por micelas de caseína y una estructura de red heterogénea sostenida por agregados de proteína de suero.

El yogurt es un alimento increíblemente nutritivo porque contiene una variedad de nutrientes que el cuerpo necesita para funcionar correctamente, incluyendo calcio, que favorece la salud ósea; potasio, que reduce la presión arterial; vitamina D; proteína de leche, que ayuda al crecimiento y la reparación muscular; y probióticos, que favorecen la salud digestiva (Enciso, 2016).

Córdova et al., (2018) precisan que el yogurt, quizás es el producto saludable más antiguo, es uno de los alimentos más consumidos del mercado. Se han realizado numerosos estudios para desarrollar nuevos tipos, como los enriquecidos con vitaminas, fibra, calcio y otros minerales de procedencia vegetal o animal, debido a sus múltiples beneficios para la salud.

Hashemi, Hadi, Mesbahi y Amin (2015) afirman que es posible mejorar el consumo nutricional de los alimentos comunes mediante el enriquecimiento de productos como el yogurt.

2.3.2 Clasificación del yogurt

Según Alcázar (2002) el yogurt se clasifica de la siguiente manera:

a) Por el método de elaboración

Yogurt batido: La viscosidad del yogurt mezclado es espesa, suave y viscosa. Más del 12-14 % del contenido total de sólidos está compuesto por sólidos. La mezcla de cuajada es una técnica particular utilizada en la producción de yogures mezclados que le da al producto final su textura suave.

Yogur bebible: a leche pasteurizada con coagulación tiene un 8-9 % de sólidos en total. El producto final es una bebida líquida.

Yogur afluado: Yogur es similar a las natillas y tiene una viscosidad firme y gelatinosa. El producto, que incluye la leche pasteurizada de la inoculación, se envasa tan pronto como se inyecta el cultivo lácteo, el cual favorece la coagulación en el envase.

b) Por el sabor

Yogurt natural: Solo permiten la adición de estabilizantes y conservantes porque carecen de azúcar, fruta, saborizantes y colorantes.

Yogurt saborizado o aromatizado: Describe a una persona que posee productos que contienen aromas, tanto naturales como artificiales, así como aditivos adicionales que han sido aprobados por la autoridad sanitaria.

Yogur afrutado: Es el producto que contiene la mezcla de frutas recubiertas de almíbar, ya sea como de pulpa y/o jugo o en trozos.

c) Por su presencia de grasa

Yogurt entero: Contenido de grasa \geq al 3%.

Yogurt semidescremado: Contenido de grasa de 1 a 2,9 %.

Yogurt descremado: Contenido de grasa $<$ a 1%.

2.3.3 Proceso de elaboración de yogurt

Recepción de leche. - Cuando la leche llega a lugar de procesamiento, se somete a los análisis de protocolo, incluyendo pruebas microbiológicas, densidad, acidez, pH y contenido de grasa, sin componentes que puedan impedir el crecimiento de cultivos lácticos (Illescas, 2001).

Filtración. - El objetivo de la filtración es eliminar la mayor parte de las partículas gruesas y extrañas presentes en la leche. Para eliminar los contaminantes macroscópicos que pueden quedar retenidos en un tejido, se filtra el material de entrada (Illescas, 2001).

Estandarización.- Este proceso consiste en añadir entre 30 y 50 gramos de leche entera en polvo por litro de leche fresca para darle la densidad adecuada. A continuación, se añaden 90 gramos de azúcar y 50 gramos de pulpa de fruta por litro, respectivamente. Según Guzmán (2018), Early (1998) fue citado por Guzmán (2018).

Homogenización. - El objetivo de la homogeneización es hacer que las partículas emulsionadas sean más pequeñas y se distribuyan de manera más uniforme en una combinación líquida. La estabilidad a largo plazo de la mezcla da como resultado una disminución del tamaño de los glóbulos de grasa (Guzmán, 2018).

Pasteurización.- Sin alterar sustancialmente la composición, el sabor o el valor nutricional de la leche, consiste en calentarla inferior al punto de ebullición, pero a una temperatura lo posiblemente alta como para eliminar cualquier germen nocivo que pueda contener.

Al desnaturalizar las proteínas de la leche libera péptidos que mejoran algunas características de la consistencia y separar el yogur del suero, lo que favorece el desarrollo de los cultivos inoculados. Este es un paso esencial para elaborar un yogur de la calidad adecuada.

Cabe mencionar que, si bien el yogur de baja viscosidad se produce mediante un calentamiento suave, un calentamiento prolongado puede provocar la separación del suero y dar al yogur una textura arenosa (Hernández, 2003; citado por Guzmán, 2018).

De acuerdo con los pasos de obtención del yogurt se puede realizar distintos tratamientos

- 90°C a 95°C por un lapso de cinco a diez seg.
- 80°C a 85°C por un lapso de cinco a quince min.
- 72°C a 75°C por un lapso de diez min.

Enfriado. - Luego de pasteurizar, la leche se enfría a 45 °C para permitir que los microorganismos se multipliquen lo máximo posible. Para evitar contaminar la mezcla, se recomienda realizar este proceso de la forma más higiénica posible, además de trabajar con rapidez (Alais, 2018).

Siembra de las bacterias lácticas. - *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus* son dos bacterias que se inoculan a partir del yogur como parte del proceso de producción del fertilizante. Para evitar infecciones, el cultivo debe mezclarse bien antes de añadirlo y deben tomarse todas las medidas higiénicas necesarias.

Incubación. – Por un período de 3 a 4 horas o hasta que la leche se coagule, el rango de temperatura de incubación ideal es de 40 a 45 °C. Tanto la acidez final como las interacciones bacterianas se ven influidas por la cantidad de inóculo, la temperatura y el tiempo de incubación. (Guzmán, 2018 cita a Tamime y Robinson, 1991).

Enfriamiento. - La cuajada comienza a enfriarse cuando alcanza su acidez óptima,

que depende del tipo de yogur elaborado y es aproximadamente de 4,6 pH y 0,9 % de concentración de ácido láctico (Tamime y Robinson, 1991, citado por Guzmán, 2018). El proceso de enfriamiento debe completarse lo antes posible para evitar que el yogur se eche a perder (Illescas, 2001). El enfriamiento es una de las técnicas más utilizadas para regular la actividad metabólica de los cultivos iniciadores y sus enzimas.

Batido. - Al elaborar yogur para consumir en forma líquida se lleva a cabo el procedimiento de disolver el coágulo y añadir de nuevo el suero. Si se desea obtener un gel homogéneo, normalmente es necesario remover continuamente durante 5 a 10 minutos a una velocidad de 2 a 4 rpm. Además, el removido inhibe la acción del cultivo y disminuye la generación de ácido láctico (Early, 1998, y Guzmán, 2018).

Envasado. - El envasado del yogur utiliza diversas técnicas de llenado. Las dimensiones de los envases varían en función del mercado. La capacidad total de envasado debe ser normalmente superior a la capacidad de la planta de pasteurización, con el fin de proporcionar condiciones adecuadas de funcionamiento para todo el sistema de elaboración. (Guzmán, 2018 y Luquet, 1993).

Almacenado y comercialización. - Alais, (2018) refiere que una vez finalizado el envasado, el yogurt se conserva en refrigeración a 5 °C hasta su comercialización.

2.3.4 Aspectos bioquímicos sucedidos durante la elaboración

Kilara y Chandan, (2013) precisan que al convertir la leche en yogur, los cultivos lácticos (ST y LB) muestran escalas significativos de metabolismo. El yogur es un alimento especial que aporta a las personas todos los nutrientes esenciales presentes en la leche, así como los subproductos de la fermentación y una variedad de cultivos vivos y activos que lo hacen crecer. El crecimiento provoca cambios en las propiedades físicas, químicas, microbiológicas, sensoriales, nutricionales y de otro tipo del medio de base arcilloso. Los beneficios para la salud del yogur se ven afectados por varios cambios importantes que tienen lugar durante la fermentación.

2.3.5 Aspectos fisicoquímicos del yogurt

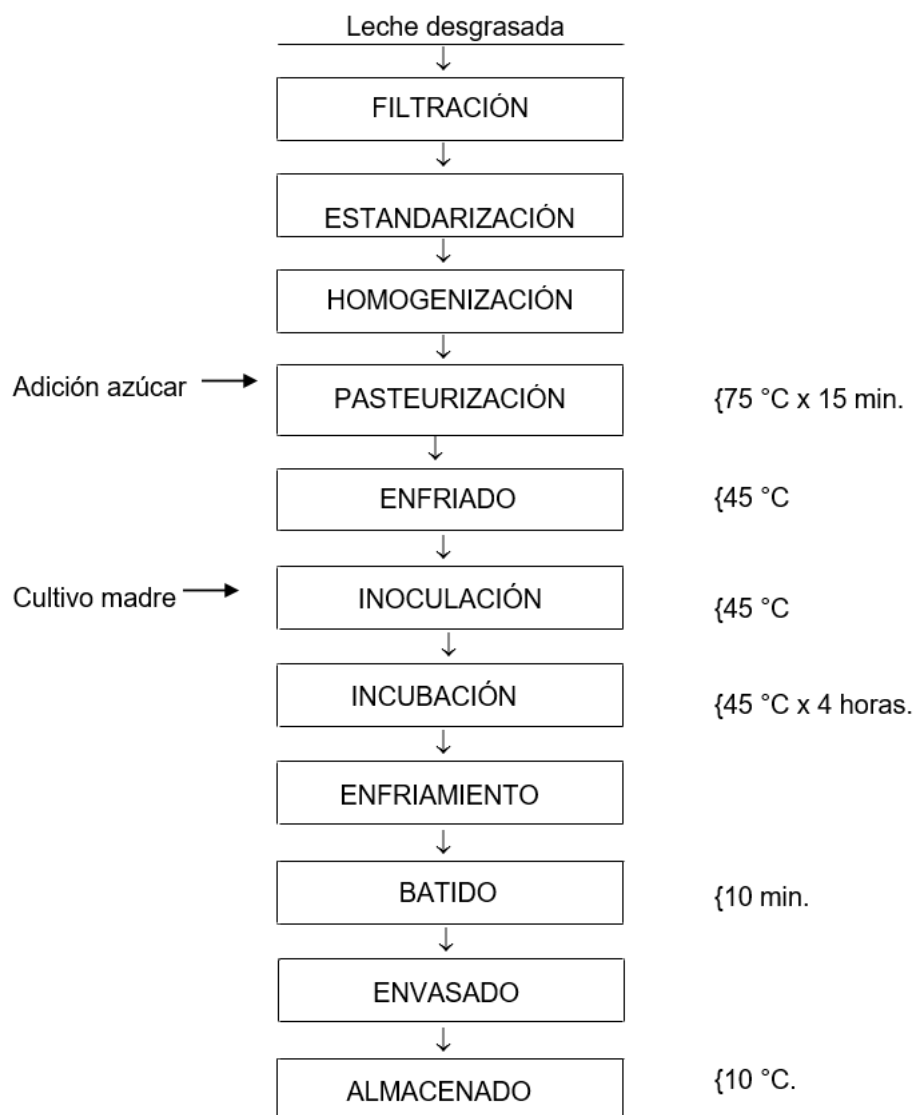
Las bacterias del ácido láctico, que se producen cuando se utilizan las grasas, descomponen la lactosa en ácidos grasos, acetona y ácidos láctico, acético y propiónico. El metabolismo de las proteínas produce señales de putrefacción como

el indol, cuya alta acidez la leche puede volverse inestable y favorecer el desarrollo de bacterias. Gaviria y Cotrino (2006).

Los requisitos fisicoquímicos del yogurt se presentan en la tabla 2

Figura 2

Flujograma del proceso de elaboración de yogurt



Obtenido de Guzmán (2018)

Tabla 2*Parámetros fisicoquímicos del yogurt*

Componente	Contenido
Materia grasa de leche, % (m/m)	Mínimo 3,0
Sólidos totales no grasos de la leche % (m/m)	Mínimo 8,2
Acidez en gramos de ácido láctico % (m/m)	0,6-1,5

Fuente: NTP 202.092 (2014)

Cultivos lácticos para la preparación de yogurt

El yogur se produce utilizando las bacterias lácticas *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus*. Estas bacterias pueden prolongar la vida útil de la leche al reducir su pH y su contenido de ácido láctico, lo que también crea un entorno inadecuado para el crecimiento de bacterias peligrosas. Dado que añadir cultivos adicionales podría reducir la vida útil de la leche, es fundamental aplicar la cantidad adecuada.

***Streptococcus termophilus*:** Absorbe fructosa y sacarosa, degrada la lactosa y absorbe glucosa, no la galactosa. Este microorganismo es termófilo a 35-45°C, termodúrico (soporta el pasteurizado) y prospera en condiciones salinas con concentración mayor a 2,4% de sal.

***Lactobacillus bulgaricus*:** Aunque no crece por debajo de los 15°C, esta bacteria termófila prospera a 45°C. Este microorganismo, no es resistente al calor y es probable que no sobreviva al pasteurizado; no se desarrolla en soluciones salinas que superen el 2%.

Se puede comprar cultivos comercialmente accesibles en forma líquida, liofilizada o congelada. A una temperatura de entre -4 y 0°C, los cultivos congelados pueden permanecer congelados hasta un año. (Serquen y Machimo, 2020).

Tabla 3*Requisitos microbiológicos del yogurt*

Microorganismo	Contenido
Coliformes (ufc/g o ml)	10
Hongos (ufc/g o ml)	10
Levaduras (ufc/g o ml)	10

Fuente: NTP 202.092 (2014)

2.4 Evaluación organoléptica

La evaluación organoléptica con los clientes es un paso fundamental para identificar una formulación que cumpla con los estándares de satisfacción del cliente. Es necesario comprender en profundidad los componentes hedónicos y sensoriales del producto, así como la forma en que interactúan, para diseñar una formulación que resulte atractiva para las preferencias de los consumidores.

Varela y Ares (2012) indican que los ensayos con consumidores en los estudios organolépticos convencionales se fundamentan en la prueba hedónica y emplean métodos de perfil sensorial (a menudo con un panel de expertos) para cuantificar las cualidades organolépticas del producto mediante el análisis descriptivo cuantitativo (QDA), una metodología descriptiva que ha demostrado su eficacia cuando se aplica a una amplia gama de alimentos, incluidos los productos lácteos.

Según Bautista (2013), el sistema sensorial humano es una herramienta esencial para el control de calidad en una gran variedad de industrias. Los sentidos más refinados para detectar el atributo color, el aroma, el sabor y la textura en la tecnología agroalimentaria son la vista, el olfato, el gusto y el oído, ya que permiten producir alimentos con el mejor aspecto y la mejor calidad posibles, cualidades que los distinguen.

Según Varela y Ares (2012), se están creando técnicas más creativas para la caracterización sensorial. Estas técnicas proporcionan mapas sensoriales que son en cierta medida comparables al análisis descriptivo convencional con paneles cualificados, y además son más adaptables, requieren menos mano de obra y son aplicables tanto a consumidores como a evaluadores semicualificados. Estas nuevas técnicas, que se basan en la evaluación de características particulares, incluyen la escala de intensidad y el enfoque de estudio CATA (seleccionar todas las opciones aplicables).

2.4.1 Pruebas sensoriales afectivas

Estas pruebas son aquellas donde los participantes expresan en qué medida aceptan, disfrutan y prefieren un producto alimenticio frente a otro (Hernández, 2005). En las muestras se emplean rangos de valoración. Las diferentes pruebas de evaluaciones afectivas son las siguientes:

- ✓ Pruebas de satisfacción (prueba de escala hedónica facial, prueba de escala hedónica verbal)
- ✓ Pruebas de preferencia (prueba de preferencia pareada, prueba de ordenamiento).

2.4.2 Escala hedónica

Hernández, (2005) precisa que si se desea evaluar el grado de agrado o determinar el valor de la preferencia de las personas por un alimento, se puede emplear eficazmente la metodología de detectar los niveles de satisfacción según las características. Este método utiliza la escala hedónica denominada «satisfacción», que va desde el agrado hasta el rechazo. Con un punto medio que no es ni agrado ni desagrado, se recomiendan escalas inusuales. El uso de escalas hedónicas tiene varias ventajas, entre las que se incluyen las siguientes: la escala es fácil de usar y completar rápidamente para los encuestados, requiere poca formación, es clara en los consumidores y se presenta muy útil para evaluar aspectos cualitativos.

Según González et al. (2014), las pruebas hedónicas permiten a los analistas ofrecer a los clientes una escala para medir su grado de satisfacción general con un producto. Las empresas utilizan cada vez más estas pruebas como una herramienta útil en el diseño de productos, ya que son los consumidores quienes, en última instancia, determinan si un producto tiene éxito o no. Cuando las pruebas sensoriales se realizan «a ciegas», no se revela ni la marca ni el costo. Es posible que un producto no tenga éxito en el mercado aunque los consumidores le otorguen una alta calificación hedónica. Sin embargo, un producto con una baja calificación hedónica se enfrenta a retos en el mercado, ya que el departamento de mercadotecnia debe idear formas de sortear estos problemas.

2.4.3 Calidad organoléptica del yogurt

Gracias a los avances en el análisis instrumental, las pruebas sensoriales son ahora el único método disponible para evaluar los sabores que perciben las personas. Según Voilley y Etiévant (2006), estos estudios proporcionan información útil sobre las cualidades sensoriales, ya que permiten identificar si existen diferencias sustanciales entre los productos, así como caracterizar y cuantificar la naturaleza de dichas diferencias.

El sabor (aroma y fragancia), el color, el aspecto, la textura (incluida la sensación en boca) y el aroma del yogur son sus atributos sensoriales. El aroma, compuesto de componentes químicos de la leche u otras materias primas, así como de los que se producen durante el procesamiento y la fermentación, puede medirse con instrumentos. Según Sharma (2013), los paneles sensoriales entrenados o no entrenados pueden evaluar atributos del sabor como la acidez, el dulzor, el amargor y otros, además del gusto.

Weerawatanakorn et al., (2015) afirman que el aroma del yogur, un componente sensorial básico, se ve influido por la reactividad química general del aroma, la exposición del producto a la luz y al oxígeno del entorno, y el sistema o matriz alimentaria, que contiene compuestos químicos como proteínas, grasas, carbohidratos, metales de transición, radicales y polímeros particulares (como las melanoidinas que se forman durante el procesamiento). El aroma del yogur se ve influido por la reactividad química general del sabor, la exposición del producto a la luz y al oxígeno, y el sistema o matriz alimentaria con sus ingredientes químicos, entre los que se incluyen proteínas, lípidos, carbohidratos, metales de transición, radicales y polímeros específicos.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo de investigación se experimentó en las instalaciones del Laboratorio de Biotecnología Agroindustrial de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

3.1 MATERIALES

3.1.1 Materia prima y otros

Se utilizó extracto de tarwi (*Lupinus mutabilis sweet*), el tarwi fue adquirido en el centro de abastos Nery García Zárate de la ciudad de Ayacucho.

La leche fue adquirida en el Centro de Producción de bienes y servicios de la UNSCH.

Además se emplearon cultivos lácteos (la ficha técnica se presenta en el anexo 1).

3.1.2 Materiales del laboratorio

- Vasos de precipitación
- Fiolas de 25 mL, 50 mL, 100 mL y 1 L.
- Matraces Erlenmeyer de 100, 250, 500 y 1000 mL.
- Probetas de 50, 100 y 250 mL
- Buretas
- Pipetas de 1, 5 y 10 mL.
- Pinzas, espátulas, papel filtro, cuchillos

3.1.3 Reactivos

- Sulfato de potasio
- Ácido clorhídrico
- Hidróxido de sodio QP
- Fenolftaleína al 1%
- Ácido gálico
- Reactivo Trolox
- 2,6 Diclorofenolindofenol
- Sulfato de cobre pentahidratado
- Agua destilada

3.2 EQUIPOS E INSTRUMENTOS

En la determinación analítica se emplearon equipos e instrumentos que se detallan:

- Balanza analítica Marca AND HR 200
- Balanza digital
- Equipo KJELDAHL
- Butirómetro de Gerber
- Determinador de fibra
- Viscosímetro de Brookfield
- Mufla
- Cocina eléctrica
- Ollas de acero inoxidable
- Paletas de madera
- Equipo Soxhlet

3.3 METODOLOGÍAS ANALÍTICAS FÍSICOQUÍMICAS

3.3.1 Determinación analítica fisicoquímica del tarwi

Determinación de humedad

La determinación del contenido de humedad se realizó según el método de la AOAC (2016).

Determinación de cenizas

Por calcinación directa, (AOAC, 2016)

Determinación de fibra cruda

Por hidrólisis ácida y básica (AOAC, 2016).

Determinación de proteínas

Por el método Kjeldahl, según la AOAC (2016).

Determinación de grasa bruta

Por el método de extracción continua en Soxhlet, según AOAC (2016).

Determinación de carbohidratos

Por diferencia, AOAC (2016).

3.3.2 Determinación analítica fisicoquímica del yogurt con adición de extracto de tarwi desamargado

- ✓ Contenido proteico. Método de Sorense-Walker recomendado (Norma Técnica Peruana: NTP 202.077).
- ✓ Contenido de grasa. Método recomendado (Norma Técnica Peruana: NTP 206.017).

- ✓ Acidez titulable. Método recomendado (método AOAC, 2016)
- ✓ Determinación de pH (AOAC, 2016).
- ✓ Análisis de la viscosidad. Utilizando el husillo N° 3 y la técnica viscosimétrica Brookfield. Se utilizó un viscosímetro digital Brookfield DV-III, un dispositivo giratorio, para medir las características de flujo a 20 + 1 °C utilizando dos agujas de prueba y un pequeño adaptador de muestras (10-11 ml) a varias velocidades de rotación (rpm).. Método recomendado por Basiri et al., (2018).

3.3.3 Determinación analítica funcional del yogurt con extracto de tarwi desamargado

- ✓ Análisis de polifenoles totales: Se utilizó el método de Kraujalyté et al., (2015) que modificaron el método Folin Ciocalteu en la determinación de compuestos fenólicos totales, para reducir la cantidad de reactivos, utilizando agua destilada como solvente.
- ✓ Determinación de actividad antioxidante: La actividad antioxidante de los extractos se evaluó mediante la capacidad captadora del radical DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazil) utilizando la metodología de Thaipong et al., (2006).

3.3.4 Determinación analítica sensorial del yogurt obtenido

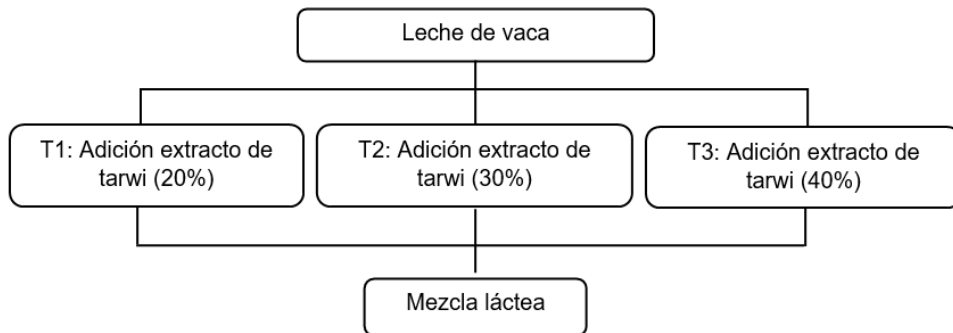
Todas las formulaciones fueron evaluadas por treinta panelistas semicualificados utilizando el método de la escala hedónica. Se evaluaron las características de sabor, fragancia, color, textura y aspecto general. Se utilizó un sistema de calificación de 7 puntos para asignar códigos de 3 dígitos a cada muestra, donde 7 representaba la preferencia más alta (muy agradable) y 1 la más baja (muy desagradable). El anexo 2 contiene el formulario de evaluación.

3.4 METODOLOGÍA DEL DISEÑO EXPERIMENTAL APLICADO

La metodología del diseño experimental aplicado en este trabajo se llevó a cabo como lo indicado en la figura 3.

Figura 3

Metodología del diseño experimental aplicado en el presente trabajo



3.4.1 Proceso de elaboración de extracto de tarwi (*Lupinus mutabilis sweet*) desamargado

Para obtener extracto de tarwi (leche de tarwi) la metodología fue adaptada y mejorada de lo recomendado por Mendieta-Romero y Villacorta-González (2021).

Se pesaron 2 Kg de “tarwi” procedente del Mercado Nery García, el cual se seleccionaron visualmente separando los que presenten magulladuras, manchas por hongos y restos de cosecha (tierra, insectos muertos entre otros). Para eliminar los contaminantes y evitar sabores extraños, se limpió con agua potable y luego se cocinó durante cuatro horas. Después, se dejó reposar en recipientes de acero inoxidable durante ocho días, cambiando el agua cada día para eliminar el sabor amargo. Una vez limpio, se preparó para los siguientes procedimientos para extraer el «tarwi». Para preparar los frijoles «tarwi» desamargados para su uso en la creación del extracto de «tarwi», se pelaron, se descascarillaron y se escaldaron con el fin de eliminar la enzima lipoxigenasa presente en la legumbre.

Se inició con la trituración y molienda, que contenía 40% de “tarwi” y 60% de agua, se pesó el “tarwi” y se midió el volumen de agua, luego con la ayuda de un embudo y una tela filtrante, se obtuvo la solución de “tarwi” para luego emplearse en la elaboración del yogurt.

3.4.2 Elaboración de yogurt batido con adición de extracto de tarwi desamargado

Para elaborar el yogurt batido con adición de extracto de tarwi, se tendrá en cuenta la metodología de Kailasapathy (2006) citado por Arango y Parra (2017) con ligeras modificaciones, se seguirá el diagrama de flujo mostrado en la figura 4

A continuación se describe de la secuencia de operaciones de obtención de yogurt con adición de extracto de tarwi.

Recepción de la leche. Una vez recepcionada la leche, se realizó el control de calidad respectivo (análisis fisicoquímico y microbiológico).

Tratamiento preliminar de la leche. En este punto, se consideraron algunos factores que podrían tener un impacto directo en la calidad del producto terminado. Se consideró que la densidad y la acidez de la leche estaban dentro de los límites normales. Uno de estos requisitos es que la leche tenga al menos un 3 % de grasa, ya que se trata de yogur entero. De acuerdo con el diseño sugerido, que requiere tres proporciones (20/80, 30/70 y 40/60 de extracto de tarwi/leche pura y el control [leche pura]), la leche se combinará con el extracto de «tarwi» para crear un total de un litro. Estas proporciones se utilizaron teniendo como referencia a Mendieta y Villacorta (2021) que utilizaron extracto de tarwi desamargado hasta en un 40% para elaborar de yogurt.

Estandarización. Esta etapa consiste en adecuar los sólidos totales, para ello se adicionó en un rango 13-15% de leche en polvo y azúcar en 10%; la adición de leche en polvo es aumentar los sólidos totales de la leche para obtener el yogurt batido.

Filtración. Se procedió separar sustancias extrañas como pelos u otros con un filtro convencional.

Pasteurización. Dado que la pasteurización se realiza frecuentemente a temperaturas superiores a 80 °C, lo que puede erradicar este tipo de microorganismos en la leche, el objetivo de este proceso era inactivar totalmente cualquier microorganismo patógeno y enzima presente que pudiera provocar cualquier tipo de defecto en el producto o problema de salud para el consumidor. Con el fin de reducir el tamaño y la separación de los glóbulos de grasa, favorecer una excelente coagulación y disminuir la separación del suero, la leche se calentó en una cacerola a fuego directo mientras se removía continuamente. El proceso se llevó a cabo a 85°C durante 30 min

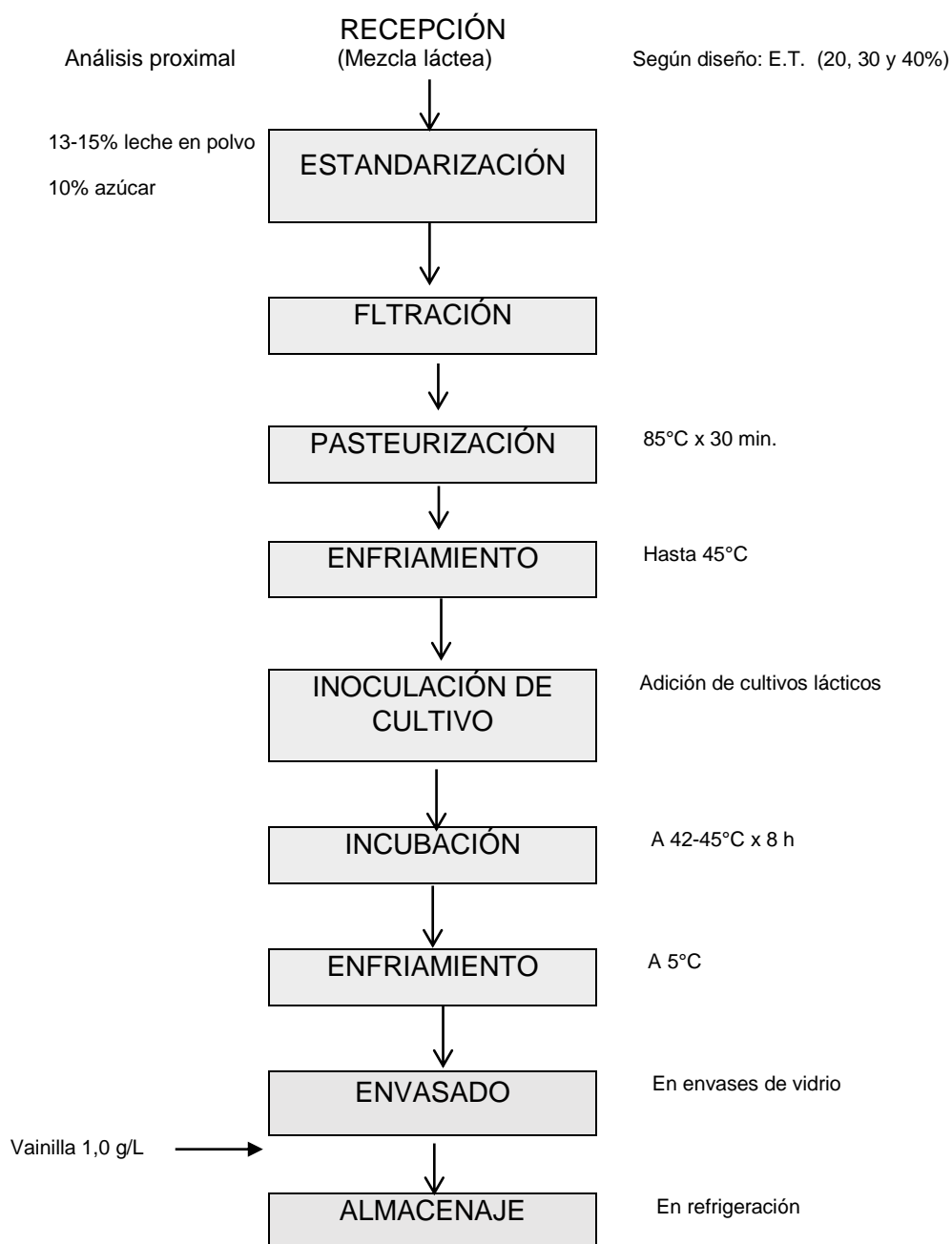
Enfriamiento. Se procedió a enfriar la mezcla a 45°C, con la finalidad de atemperar para luego inocular el cultivo láctico.

Inoculación del cultivo láctico. La leche se enfrió hasta llegar a una temperatura entre 40 a 42°C para agregar el cultivo seleccionado *S. thermophilus* y *L. bulgaricus*, para la elaboración del yogurt, se controló la temperatura, debido a que si la inoculación del cultivo se realiza a una temperatura mayor de 45°C, se corre el riesgo de que los microorganismos puedan ser inactivados. Este procedimiento se

llevó a cabo de forma aséptica para evitar cualquier signo de contaminación que altere al producto.

Figura 4

Diagrama de flujo para elaborar yogurt con adición de extracto de tarwi (E.T.)



Incubación. Esta técnica se llevó a cabo en recipientes herméticos de acero inoxidable de cinco litros que habían sido previamente esterilizados para evitar la

contaminación por patógenos. Estos recipientes se llenaron y luego se calentaron a 45 °C durante 5-6 horas para alcanzar el pH y la acidez adecuados del producto. Dado que esto habría afectado a la textura final del producto, se tuvo cuidado de garantizar que los recipientes no se movieran ni se sometieran a ningún tratamiento mecánico durante el tiempo de incubación.

Enfriamiento. Se enfrió por un tiempo de 24 horas a fin de que desarrolle la maduración y generación de textura además de formación de aromas del yogur.

Envasado. Finalmente, el yogurt obtenido se envasó en frascos de plástico de 1 litro para ser colocados en refrigeración de 0 °C a 5 °C con el propósito de conservar el producto para los análisis posteriores.

3.5. Diseño estadístico

El diseño experimental completamente randomizado (DCA) fue empleado, cuyas variables fueron: Porcentaje de extracto de tarwi (20, 30 y 40%) y un control, se realizó por triplicado.

El modelo lineal será:

$$Y_i = u + t_i + e_{ij}$$

Donde:

Y_i = Observación del experimento

U = Media poblacional

t_i = tratamientos de 1 a 4

e_{ij} = Error experimental

Tabla 4

Diseño de investigación empleado en este trabajo

% adición extracto de tarwi	R1	R2	R3
T0	R1	R2	R3
T1	R1	R2	R3
T2	R1	R2	R3
T3	R1	R2	R3

Leyenda:

T0: Yogurt sin adición de extracto de tarwi

T1: Yogurt con 20% de extracto de tarwi

T2: Yogurt con 30% de extracto de tarwi

T3. Yogurt con 40% de extracto de tarwi

R1, R2 y R3: Repeticiones

Se utilizó el procedimiento detallado anteriormente para procesar estadísticamente los datos. Se utilizó ANOVA para determinar si había o no significación estadística, y se obtuvo un valor de $p < 0.05\%$. Se empleó la prueba de Tukey (0.05), si era significativa, para comparar medias e identificar el tratamiento más eficaz. Para llevar a cabo la interacción de variables se utilizó el programa estadístico SPSS v.22.

Se utilizó el ensayo de datos no relacionados de Friedman para realizar las pruebas no paramétricas de la evaluación organoléptica, y las pruebas de comparación múltiple y de significación se fijaron en $p < 0,05$.

CAPÍTULO V RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Propiedades de la materia prima

4.1.1 Propiedad fisicoquímica del tarwi desamargado

En la tabla 5 se presenta los resultados de los análisis químicos del tarwi

Tabla 5

Composición química del tarwi (en porcentaje)

Componente	Valor
Humedad	8,13 ± 0,32
Proteína	42,07 ± 1,25
Grasa	14,86 ± 0,56
Cenizas	4,12 ± 0,08
Fibra	8,09 ± 0,45
Carbohidratos	22,73 ± 0,98

Media de 3 repeticiones ± DS

Al observar la tabla 5 se desprende que el tarwi presenta un alto contenido proteico (42,07%); grasa (14,86%) y carbohidratos (22,73%). (Briceño-Berru et al., 2021) encontró rangos de valores de proteínas (51-72%), de grasa (9-20%) y carbohidratos (22-23%); Romero-Espinoza et al., (2020) encontró rango de valores de fibra (6,9-7,5%). Las variables agronómicas y genéticas están relacionadas con las variaciones en el contenido de macronutrientes. La variación genética, la sensibilidad a las enfermedades y las heladas, la estructura de la planta y el crecimiento vegetativo afectan a la cantidad de proteínas, grasas y alcaloides (Carvajal-Larenas et al., 2016). El tarwi se compone principalmente de ácidos grasos insaturados, al igual que otras legumbres (Signorini et al., 2017). Dado que la proteína del tarwi contiene numerosos aminoácidos importantes, entre ellos la lisina, que escasea en muchos granos y cereales, se considera una fuente completa y superior (Repo-Carrasco-Valencia, 2020).

Los valores fisicoquímicos obtenidos en este estudio le confieren al tarwi las propiedades adecuadas para ser utilizado en forma de extracto en la formulación de productos alimenticios, como el caso del yogurt.

En la tabla 6 se muestra la composición fisicoquímica del extracto de tarwi.

Tabla 6

Valores fisicoquímicos del extracto de tarwi desamargado (en porcentaje)

Componente	Valor
Humedad	92,33 ± 1,25
Proteína	3,92 ± 0,08
Grasa	1,94 ± 0,02
Fibra cruda	0,12± 0,01
Cenizas	0,17 ± 0,01
Sólidos solubles	1,09 ± 0,02
Sólidos totales	13,26 ± 0,09
Carbohidratos	2,06 ± 0,02

Media de 3 repeticiones ± DS

Aunque el contenido de proteínas y sólidos totales de la leche de tarwi es comparable al de la leche de vaca, el contenido de grasa del extracto de tarwi es menor, lo que resulta ventajoso en dietas que limitan los triglicéridos y el colesterol (Villacrés et al., 2006).

Dado que el extracto acuoso de tarwi tiene una alta proporción de grasas vegetales insaturadas e incluso produce su propia crema, se recomienda para aquellas personas sensibles a la leche de vaca (Jacobsen y Mujica, 2006).

4.1.2 Caracterización funcional del tarwi desamargado

Los resultados del análisis funcional del tarwi desamargado se muestran en la tabla 7.

Tabla 7

Características funcionales del tarwi desamargado

Componente	Valores
Polifenoles totales (mg G.A.E./g)	1,69 ± 0,03
Capacidad antioxidante (µM trolox/100 g)	392,56 ± 1,15

Media de 3 repeticiones ± DS

Los valores de capacidad antioxidante y polifenólica de la tabla 7 fueron 1698 mg G.A.E./g y 392,56 µM trolox/100 g, respectivamente. Estos resultados son inferiores

a los reportados por Martínez-Villaluenga et al. (2009), quienes descubrieron que diferentes semillas crudas de los genotipos *L. albus* y *L. angustifolius* tenían concentraciones de ácido ferúlico que oscilaban entre 1,82 y 2,53 mg/g de peso seco. Sin embargo, superan los resultados de Jiménez-Martínez et al. (2007), quienes encontraron 5,8 mg de ácido tánico/kg de semillas de compuestos fenólicos en muestras de *L. mutabilis*. Varios genotipos de *Lupinus mutabilis* tienen valores entre 9,67 y 11,35 mg de catequina/g de peso seco, según Ranilla et al. (2009). Karamać et al. (2018) observaron valores que oscilaban entre 4,36 y 7,24 mg de AGE/g de peso seco en varios genotipos de *L. albus*. Las diferencias observadas en el estudio comparadas con los autores consultados, es posible se deba a las prácticas de cultivo, variedad del fruto, suelo, clima, entre otros.

La capacidad antioxidante y los valores de los componentes fenólicos del tarwi amargo disminuyen durante el proceso de eliminación del amargor, probablemente como resultado de los repetidos lavados y la temperatura de ebullición de las habas de altramuz. Además, Jiménez-Martínez et al. (2007) muestran que la cantidad de moléculas bioactivas (como compuestos fenólicos y antioxidantes) en el tarwi se reduce durante el proceso de remojo y cocción, ya que algunos antioxidantes son solubles en agua e inestables a las temperaturas de cocción.

El contenido de compuestos fenólicos está influenciado por varios factores: la genética, ya que la composición de diferentes variedades de la misma especie vegetal puede variar significativamente; factores ambientales, como la temperatura y la luz, que también pueden afectar al crecimiento y la calidad de los cultivos; y, por último, el estado fisiológico del cultivo, que determina su estado óptimo de madurez y la calidad de sus compuestos bioactivos (Marín et al., 2007).

4.1.3 Caracterización fisicoquímica de la leche entera de vaca

Se evaluaron los parámetros fisicoquímicos de la leche de vaca utilizada en esta investigación; los resultados se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8*Valores fisicoquímicos de la leche de vaca (en porcentaje)*

Componente	Valor
Humedad	88,34 ± 1,55
Extracto seco	11,66 ± 0,82
Proteína	3,04 ± 0,09
Grasa	3,16 ± 0,09
Acidez titulable *	0,152 ± 0,02
Densidad (g/mL)	1,029 ± 0,05
pH	6,63 ± 0,18
Viscosidad (cP)	2,31 ± 0,08

Media de 3 repeticiones ± DS, * g ácido láctico/100 mL

Los valores de humedad (88,34 %) y materia seca (12,09 %) de la tabla 8 son comparables a los valores de humedad (87,5 %) y materia seca (12,4 %) reportados por Armas (2017). Este estudio indicó que la viscosidad de la leche entera era de 2,31 cP, algo superior a los 2,2 cP reportados por Alais (2018).

Los valores de grasa encontrada fue de 3,16%, valor ligeramente superior encontró Armas (2017) que fue de 3,57%. Además, contiene vitaminas liposolubles, como la D y la A, que son vitaminas disueltas. Esta última vitamina es necesaria para absorber el calcio y su inmediato depósito en el sistema óseo. Se obtiene principalmente de los productos lácteos enteros, aunque también se obtiene de la capacidad del pelaje para absorber la luz solar en circunstancias específicas. A pesar de su valor nutricional, la leche de vaca no debe ingerirse en algunas situaciones, como la intolerancia a la lactosa, la galactosemia y las alergias a la leche. (Figuroa-Álvarez y otros, 2022).

Según Magariños (2000), la leche contiene entre un 77 % y un 80 % de agua y entre un 10 % y un 13 % de sólidos totales, de los cuales entre un 3 % y un 3,5 % son grasas, un 3,25 % son proteínas y entre un 4 % y un 6 % son carbohidratos como la lactosa y minerales esenciales como el calcio.

4.2 Caracterización fisicoquímica del yogurt con adición de extracto de tarwi según diseño planteado

En la tabla 9 se presenta los valores fisicoquímicos promedio de proteína, grasa, acidez titulable, pH y viscosidad del yogurt con adición de extracto de tarwi desamargado.

Tabla 9

Valores fisicoquímicas del yogurt con adición de extracto de tarwi desamargado

Tratamientos	Proteínas (%)	Grasa (%)	Acidez titulable (%)	pH	Viscosidad (cP)
T0(Testigo)	3,28	3,16	1,031	4,51	3823,72
T1 (20%)	3,41	2,89	0,848	4,98	3741,61
T2 (30%)	3,49	2,76	0,758	5,12	3702,58
T3 (40%)	3,59	2,61	0,741	5.49	3509,51

T0: Yogurt sin adición de extracto de tarwi

T1: Yogurt con 20% de extracto de tarwi

T2: Yogurt con 30% de extracto de tarwi

T3. Yogurt con 40% de extracto de tarwi

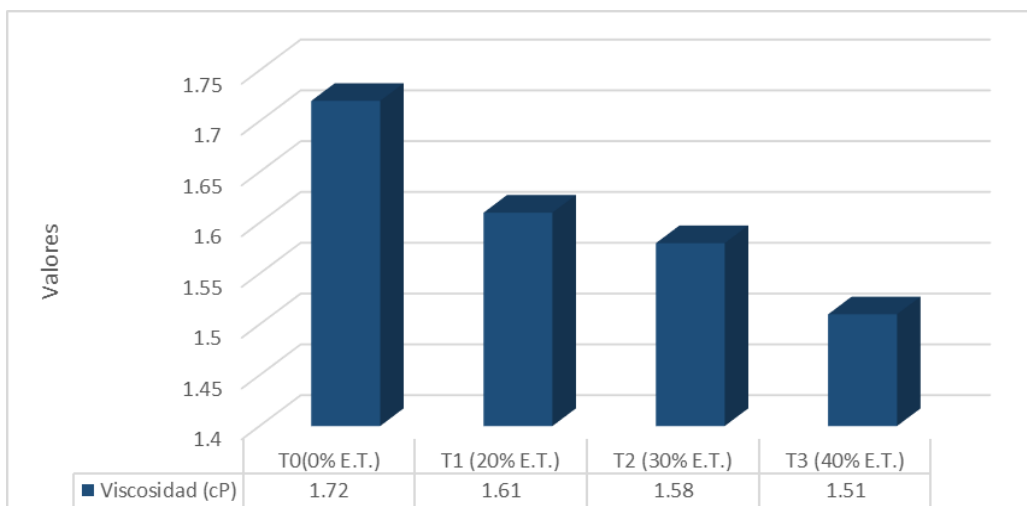
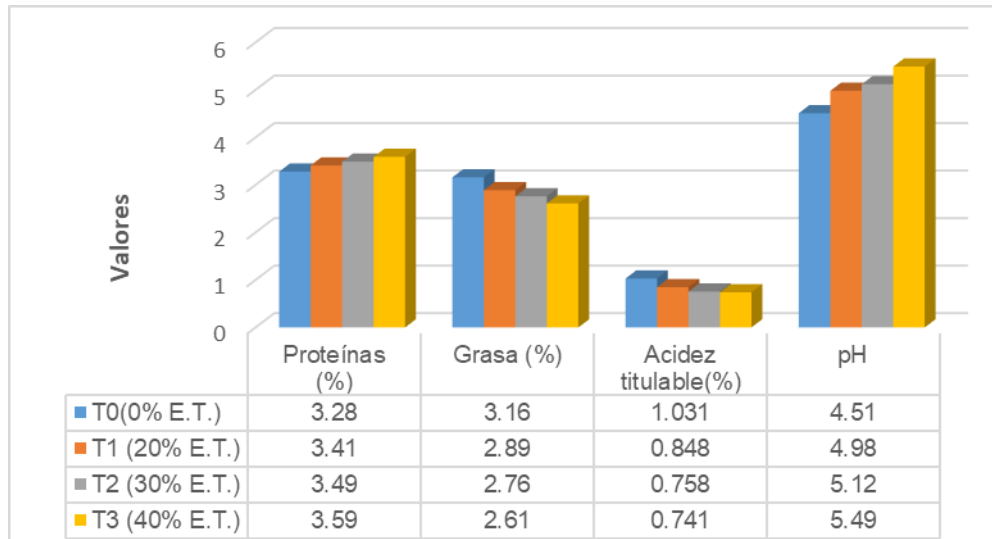
La tabla 9 muestra que, a medida que se añade más extracto de tarwi al yogurt, aumentan los valores proteicos. Esto se debe a que el extracto de tarwi tiene un nivel de proteínas ligeramente superior al de la leche entera; no obstante, la D.S. N.º 007-2017-MINAGRI establece que el contenido mínimo de proteínas debe ser de al menos el 2,7 %, y los resultados de este estudio cumplen este requisito. El mencionado Decreto Supremo estipula que el yogurt entero (producido a partir de leche fresca) debe tener un contenido mínimo de grasa del 3,0 %. El valor más bajo descubierto en este caso fue del 2,61 %. Esto sugiere que añadir extracto de tarwi al yogurt reduce su contenido en grasa, lo cual es importante para los clientes que desean productos con menos grasa. Los valores de viscosidad son menores a lo encontrado por Hoxha, Evstatieva y Nikolova (2023) cuyos valores reportados ascendieron en promedio a 6000 cP en yogurt fermentado con potencial probiótico. Las diferencias encontradas se pueden deber a las diferentes proporciones de extracto de tarwi utilizadas en el yogurt.

La caseína se solidifica como resultado del ácido láctico producido durante el desarrollo de la acidez del yogurt, lo que modifica las características reológicas y sensoriales del producto final. Se recomienda que la acidez del yogurt se sitúe entre el 0,8 % y el 1,8 % de ácido láctico, ya que este nivel es importante para mejorar el sabor, el cuerpo y la textura del producto lácteo (Mori y Núñez, 2017).. El rango de valores de acidez indicados por este autor cumple con lo encontrado en el trabajo.

En la figura 5 se visualiza con las variaciones fisicoquímicas encontradas en este estudio.

Figura 5

Gráficas de los resultados fisicoquímicos evaluados del yogurt con adición de extracto de tarwi desamargado.



Lo obtenido para cada una de estas propiedades fisicoquímicas se encuentran dentro de los límites reglamentarios, como se muestra en la figura 5, lo que indica que la adición de extracto de tarwi desamargado no modifica estos parámetros, sino que añade otros elementos que mejoran el valor nutricional y la comerciabilidad del producto. Esto está de acuerdo con el Decreto Supremo D.S. N.º 007-2017-MINAGRI, que establece que para el yogurt entero (elaborado con leche fresca entera), los valores de grasa (debe contener un mínimo del 3,0 %), la acidez titulable (debe contener un mínimo de 0,6 y un máximo de 1,5 % expresado como ácido láctico) y las proteínas (mínimo 2,7 %).

Para determinar si existen diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos, se elaboró un análisis de varianza (ANOVA) de las propiedades fisicoquímicas del yogur entero con la adición de extracto de tarwi desamargado, de acuerdo con el diseño sugerido. Se utilizará la prueba de comparación de medias de Tukey para identificar el curso de acción óptimo en caso de que existan diferencias estadísticamente significativas.

4.2.1 Análisis estadístico de la proteína del yogurt con adición de extracto de tarwi desamargado

El ANOVA del contenido proteico del yogur con extracto de tarwi desamargado añadido se muestra en la Tabla 10.

Dado que el valor p de la Tabla 11 es inferior a 0,05, podemos concluir que los tratamientos difieren estadísticamente entre sí y adoptar la respectiva hipótesis alternativa.

Tabla 10

ANOVA del contenido proteico del yogurt con la adición de extracto de tarwi desamargado

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	Valor p
Tratamientos	0,154	3	0,051	114,389	<0.001
Error	0,004	8	0,000		
Total	0,158	11			

Dado que algunos tratamientos diferían de los demás y que las diferencias eran estadísticamente significativas ($p < 0.05$), se utilizó la prueba de comparación de medias de Tukey.

De acuerdo con el Decreto Supremo D.S. N° 007-2017-MINAGRI, los datos de proteína encontrados para los tratamientos examinados en la Tabla 9 no son inferiores al 2,7 %, sino que oscilan entre el 3,28 % y el 3,59 %. Estos valores son superiores a los exigidos por la norma, lo que indica que la adición de extracto de altramuz desamargado al yogur afectó significativamente al contenido de proteína..

En la tabla 11 se muestra la prueba de Tukey para el contenido proteico del yogurt con adición de extracto de tarwi desamargado.

Tabla 11

Prueba de Tukey para el contenido proteico del yogurt con adición de extracto de tarwi desamargado.

TRATAMIENTOS*	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
T0(Testigo)	3	3,2800			
T1 (20%)	3		3,4100		
T2 (30%)	3			3,4900	
T3 (40%)	3				3,5900
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

* Los valores de porcentaje son referidos a la adición de extracto de tarwi al yogurt

La tabla 11 muestra que T3, o añadir un 40 % de extracto de altramuz al yogurt, es la mejor terapia, con el mayor contenido proteico y la mejor media estadística. Dado que el altramuz tiene una mayor proporción de proteínas que la leche fresca de vaca utilizada para elaborar el yogurt, este valor proteico ligeramente superior es equivalente al que aporta el chocho.

Cabe mencionar que, para mantener su sabor y textura, los yogures deben tener menos del 84 % de humedad. Además, hay que tener en cuenta el contenido de proteínas, que debe estar entre el 1,29 % y el 3,52 % (Matela et al., 2019). Al investigar la fabricación de un yogurt de tipo III con concentraciones de lacayote que oscilaban entre el 3,5 % y el 7 % con semillas de sésamo, Morales (2020) descubrió que el tratamiento al 5 %, que tenía un valor proteico del 3,30 %, producía los mejores resultados y el mayor nivel de aceptación.

Debido a la lixiviación preferente de los minerales y carbohidratos disueltos, el proceso de desamargamiento acuoso del tarwi provoca la pérdida de materia seca soluble en el agua de procesamiento, lo que da la apariencia de un aumento de proteínas de entre el 51 y el 72 por ciento. Debido a su abundancia de aminoácidos esenciales, como la lisina, que escasea en muchos granos y cereales, la proteína del tarwi se considera una fuente completa y de alta calidad (Repo-Carrasco-Valencia, 2020).

Valores ligeramente mayores se encontraron en este estudio que fluctuó entre 3,28 a 3,59%.

4.2.2 Exploración estadística del contenido de grasa del yogurt con adición de extracto de tarwi desamargado

El análisis de varianza (ANOVA) del valor de grasa del yogurt con adición de extracto de tarwi se presenta en la tabla 12

Tabla 12

ANOVA del contenido graso del yogurt con adición de extracto de tarwi desamargado.

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	Valor p
Tratamientos	0,490	3	0,163	653,200	<0.001
Error	0,002	8	0,000		
Total	0,492	11			

El ensayo de Tukey mostrado en la tabla 13 para determinar qué tratamiento era el mejor evidencia que si existían diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos, es decir, si la adición de extracto de tarwi tenía un impacto en el nivel de grasa del yogur.

El ensayo de Tukey para el contenido graso del yogurt con adición de extracto de tarwi se presenta en la tabla 13.

Tabla 13

Prueba de Tukey para el contenido graso del yogurt con adición de extracto de tarwi desamargado.

TRATAMIENTOS*	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
T3 (40%)	3	2,6100			
T2 (30%)	3		2,7600		
T1 (20%)	3			2,8900	
T0 (Testigo)	3				3,1600
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

* Los valores de porcentaje son referidos a la adición de extracto de tarwi al yogurt

La tabla 13 muestra que T3, que equivale a añadir un 40 % de extracto de tarwi al yogur, tiene la media estadística más baja, es decir, es la mejor terapia con el menor contenido en grasa. Dado que el extracto de tarwi tiene un contenido de

grasa inferior al de la leche fresca, este valor más bajo de grasa se corresponde con el hecho de que el porcentaje de grasa en el yogur disminuirá a medida que aumente la sustitución por extracto de tarwi. Cabe mencionar que los aceites con una composición significativa de ácidos grasos insaturados constituyen la proporción de grasa que se encuentra en el yogur.

La composición de ácidos grasos del tarwi se compone principalmente de ácidos grasos insaturados, al igual que la de otras leguminosas (Signorini et al., 2017).

El hecho de que el grano de tarwi esté desamargado (9-20 % de grasa) o no (13-25 % de grasa) también afectará a la variación del contenido de grasa. Esto podría deberse a que la lecitina del grano forma un tipo de micela. Sin embargo, las investigaciones sugieren que el estrés hídrico también puede tener un impacto en la fracción lipídica; en tales circunstancias, el contenido de lípidos puede reducirse a la mitad (Carvajal-Larenas et al., 2016).

Dado que las plantas con temporadas de crecimiento más largas tienen más tiempo para favorecer las vías metabólicas secundarias que inician la síntesis de lípidos, la etapa final de maduración es fundamental para el contenido de aceite del grano. Por lo tanto, en comparación con las semillas de variedades de maduración temprana, las de variedades de maduración tardía suelen adquirir más lípidos (Carvajal-Larenas et al., 2016).

4.2.3 Análisis estadístico de la acidez titulable del yogurt con adición de extracto de tarwi desamargado

El análisis de varianza (ANOVA) del valor de acidez titulable del yogurt con adición de extracto de tarwi desamargado se presenta en la tabla 14.

Tabla 14

ANOVA de la acidez titulable del yogurt con la adición de extracto de tarwi desamargado

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	Valor p
Tratamientos	0,159	3	0,053	21195,600	<0.001
Error	0,000	8	0,000		
Total	0,159	11			

Existen diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos, lo que indica que ciertas terapias son diferentes de otras, como lo demuestra la

Tabla 14. Esto implica que la adición del extracto de tarwi tuvo un impacto en la acidez titulable del yogur. Para ello, se empleó la prueba de comparación de medias de Tukey.

La prueba de Tukey para la acidez titulable del yogur después de añadir el extracto de tarwi desamargado se muestra en la tabla 15.

Tabla 15

Prueba de Tukey para la acidez titulable del yogur con la adición de extracto de tarwi desamargado

TRATAMIENTOS*	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
T3 (40%)	3	0,741			
T2 (30%)	3		0,758		
T1 (20%)	3			0,848	
T0 (Testigo)	3				1,031
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

* Los valores de porcentaje son referidos a la adición de extracto de tarwi desamargado al yogur

La tabla 15 muestra que T3, o la adición del 40 % de extracto de altramuz al yogur, tiene la mejor media estadística, o el mejor tratamiento con la menor acidez titulable. Esto podría deberse a que un mayor porcentaje de sustitución da lugar a una menor formación de ácido láctico en el yogur en estas condiciones de adición de extracto, lo que demuestra que la acidez titulable disminuye al aumentar la adición de extracto. Este estudio confirmó que el porcentaje de sustitutos añadidos al yogur puede afectar a sus propiedades tecnológicas.

La concentración mínima de acidez titulable (expresada como ácido láctico) en el yogur entero debe ser de al menos el 0,6 %, según el Decreto Supremo N.º 007-2017-MINAGRI. Los resultados del estudio superan este umbral.

Cuatro reacciones dan lugar a la acidez titulable. La acidez natural de la leche está representada por las tres primeras reacciones, que son la acidez titulable de la caseína, la acidez resultante de las sustancias minerales y la acidez resultante de los fosfatos. La cuarta reacción se denomina «desarrollada» porque contiene ácido láctico y otros ácidos que se crean cuando los microorganismos descomponen la lactosa. (Craig & Brothers, 2021).

4.2.4 Evaluación estadística del pH del yogurt con adición de extracto de tarwi desamargado

El análisis de varianza (ANOVA) del valor de pH del yogurt con adición de extracto de tarwi desamargado se presenta en la tabla 16.

Tabla 16

Análisis de varianza (ANOVA) del pH del yogurt con la adición de extracto de tarwi desamargado

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	Valor p
Tratamientos	1,477	3	0,492	2814,286	<0.001
Error	0,001	8	0,000		
Total	1,479	11			

La tabla 16 muestra diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos, lo que indica que ciertas terapias son diferentes de otras. Esto sugiere que añadir extracto de tarwi al yogurt tiene un impacto en la variación del pH. Para ello se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey.

La prueba de Tukey para el cambio de pH del yogurt con extracto de tarwi desamargado añadido se muestra en la tabla 17.

Tabla 17

Prueba de Tukey para el pH del yogurt con la adición de extracto de tarwi desamargado.

TRATAMIENTOS*	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
T0(Testigo)	3	4,5100			
T1 (20%)	3		4,9800		
T2 (30%)	3			5,1200	
T3 (40%)	3				5,4900
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

* Los valores de porcentaje son referidos a la adición de extracto de tarwi desamargado al yogurt

La tabla 17 muestra que T1, o añadir un 20 % de extracto de tarwi al yogurt, es el mejor medio, es decir, el mejor tratamiento con un valor de pH. Esto puede deberse

al hecho de que, cuando se añade extracto de tarwi, el yogur produce la mayor cantidad de ácido láctico, que disminuye significativamente cuando la sustitución es de entre el 30 % y el 40 %. Este estudio confirmó que el porcentaje de sustitutos, como los frijoles, añadidos al yogur afecta a los niveles de pH.

Mientras que el extracto de tarwi se añadió al yogur sin amargor, los valores de pH oscilaron entre 4,51 y 5,49, situándose dentro del rango de 4,6 que Coronel (2018) informó al elaborar yogur con quinua.

Según el D.S. N° 007-2017-MINAGRI el valor mínimo de acidez titulable (expresado como ácido láctico) en el yogur entero debe ubicarse en valores mínimos de 0,6%.

Debido al aumento del contenido de ácido láctico, la matriz alimentaria se vuelve ácida y el pH disminuye gradualmente, mientras que la concentración de iones de hidrógeno (H^+) aumenta. (Fitratullah et al., 2019).

Se debe tener en cuenta que conforme aumenta el pH la acidez disminuye. (Fitratullah et al., 2019) refieren que al reducir el pH en el yogur, aumenta el efecto antibacteriano, y esto puede depender de la presencia de la cantidad de ácido láctico en el producto y otros ácidos orgánicos.

Según De Oliveira (2014), citado por Coronel (2018), se ha demostrado científicamente que el contenido total de sólidos del yogur (12-20 %) es importante, ya que afecta a la acidez final, el pH, la velocidad de acidificación y la consistencia del producto.

Según Aguirre et al. (2008), citado por Coronel (2018), el verdadero beneficio de este tipo de estrategia es reducir la fase de retraso de adaptación. Descubrieron que el tiempo total necesario para alcanzar un pH de 4,6 se reducía en una hora cuando se utilizaba un mecanismo de agitación (200 rpm) durante la fermentación del yogur.

Según Medeiros (2015), todos los perfiles de variación del pH mostraron tres fases o etapas: inicialmente, hubo una fase con tendencia a estabilizarse con cambios muy modestos en el pH, seguida de un período con una pendiente máxima y una tendencia a reducir el pH más rápidamente.

4.2.5 Análisis estadístico de la viscosidad del yogurt con adición de extracto de tarwi desamargado

El ANOVA del valor de viscosidad del yogurt con adición de extracto de tarwi desamargado se presenta en la tabla 18.

Tabla 18

Análisis de varianza (ANOVA) de la viscosidad del yogurt con la adición de extracto de tarwi desamargado

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	Valor p
Tratamientos	159597,866	3	53199,289	10206,099	<0.001
Error	41,700	8	5,212		
Total	159639,566	11			

La tabla 18 muestra que existen diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre algunos tratamientos y otros. Esto sugiere que la viscosidad del yogurt se vio afectada por la adición del extracto de tarwi. Para ello se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey.

La prueba de Tukey para el cambio en la viscosidad del yogurt tras la adición del extracto de tarwi desamargado se presenta en la tabla 19.

La tabla 19 demuestra que T0 (control) tiene la mejor media estadística, o el mejor tratamiento con la mayor viscosidad. Esto podría deberse a que la viscosidad del yogurt se ve afectada por la adición de extracto de tarwi, que la reduce significativamente en un 30 % y un 40 % de sustitución.

Tabla 19

Prueba de Tukey para la viscosidad del yogurt con la adición de extracto de tarwi desamargado.

TRATAMIENTOS*	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
T3 (40%)	3	3509,40			
T2 (30%)	3		3702,52		
T1 (20%)	3			3741,60	
T0 (Testigo)	3				3823,56
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

* Los valores de porcentaje son referidos a la adición de extracto de tarwi desamargado al yogurt

Haque y Ji (2003) descubrieron que las viscosidades aparentes del yogur ajustado con proteínas de suero procedentes del procesamiento del queso cheddar oscilaban entre 2000 y 5000 cP.

Dado que los datos de viscosidad encontrados en el presente trabajo se hallan dentro del rango especificado por los autores citados anteriormente, el yogur es un producto que cumple los criterios reológicos aceptables.

Isleten y Karagul-Yuceer (2006) informan de que la adición de caseinato de sodio y un mejorador de textura al yogur dio lugar a viscosidades de 7363 y 7120 cP, respectivamente, que eran superiores a las observadas en el tratamiento de control. Hoxha, Evstatieva y Nikolova (2023) precisan que a medida que se forma el gel proteico, la viscosidad aparente aumenta rápidamente y luego alcanza una meseta a medida que se forma la red final, atrapando los glóbulos de grasa y el suero residual. Se considera que el aumento de la resistencia estructural de la red de proteínas aumenta la viscosidad aparente.

Se debe tener en cuenta en este estudio que el uso de extracto de tarwi aporta proteínas y menos grasa; y conforme aumenta la sustitución con extracto de tarwi al yogurt la viscosidad disminuye porque la proporción de leche entera disminuye.

4.3 Exploración funcional del yogurt con adición de extracto de tarwi desamargado según diseño planteado

Las propiedades funcionales del yogurt con adición de extracto de tarwi desamargado se muestran en la tabla 20.

Tabla 20

Valores funcionales del yogurt con la adición de extracto de tarwi desamargado

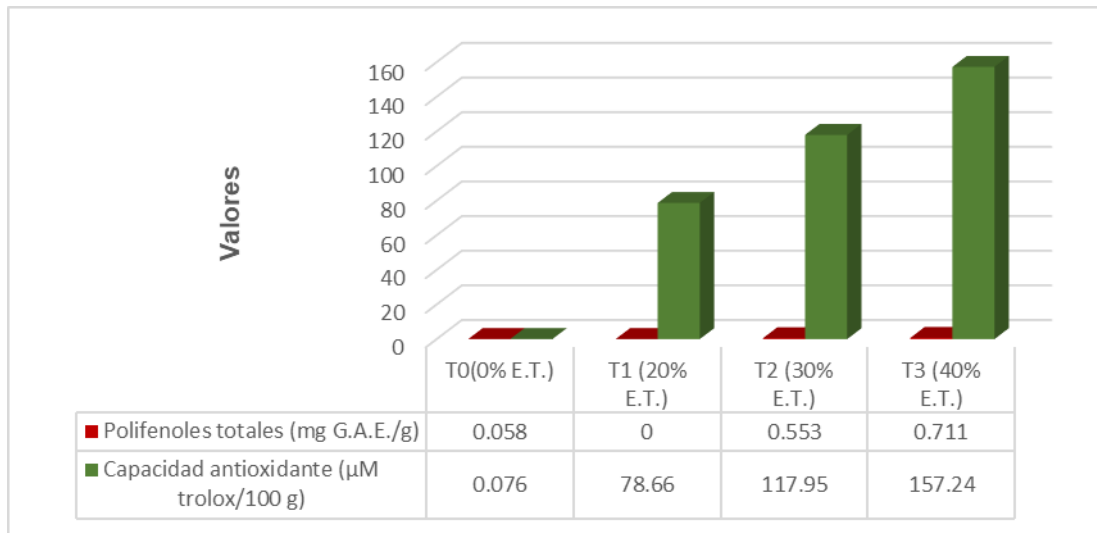
Tratamientos	Polifenoles totales (mg G.A.E./g)	Capacidad antioxidante (μM trolox/100 g)
T0(Testigo)	0,058	0,076
T1 (20%)	0,384	78,66
T2 (30%)	0,553	117,95
T3 (40%)	0,711	157,24

La tabla 20 y la figura 6 muestran que cuando se añade extracto de tarwi al yogurt entero, aumentan los polifenoles totales y la capacidad antioxidante. Esto se debe a que el extracto de tarwi tiene una mayor capacidad antioxidante y una

concentración global de polifenoles más elevada que la leche de vaca fresca. Las variaciones observadas podrían deberse a las diferentes proporciones utilizadas en la adición de extracto de tarwi en el yogurt.

Figura 6

Presentación gráfica de los valores de polifenoles totales y capacidad antioxidante del yogurt con la adición de extracto de tarwi desamargado.



Con el fin de determinar si existen diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) sobre las propiedades funcionales del yogurt con la adición de extracto de tarwi desamargado, de acuerdo con el diseño sugerido.

Se utilizará la prueba de comparación de medias de Tukey para identificar el curso de acción óptimo si existen diferencias estadísticamente significativas.

4.3.1 Análisis estadístico de los polifenoles totales en el yogurt con adición de extracto de tarwi desamargado

El ANOVA de los polifenoles totales del yogurt con adición de extracto de tarwi desamargado se presenta en la tabla 21

Tabla 21

ANOVA de los polifenoles totales del yogurt con la adición de extracto de tarwi desamargado

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	Valor p
Tratamientos	0,704	3	0,235	42643,818	<0.001
Error	0,000	8	0,000		
Total	0,704	11			

Las diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos se muestran en la Tabla 21, lo que indica que ciertas terapias son diferentes de otras. Esto implica que la adición de extracto de tarwi tuvo un impacto en la concentración general de polifenoles del yogurt. Para ello, se empleó la prueba de comparación de medias de Tukey.

La prueba de Tukey para el cambio en el total de polifenoles en el yogurt después de añadir el extracto de tarwi desamargado se muestra en la tabla 22.

Tabla 22

Análisis de Tukey para los polifenoles totales del yogurt con la adición de extracto de tarwi desamargado

Tratamientos*	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
T0 (Testigo)	3	0,05800			
T1 (20%)	3		0,38400		
T2 (30%)	3			0,55300	
T3 (40%)	3				0,71100
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

* Los valores de porcentaje son referidos a la adición de extracto de tarwi desamargado al yogurt

La tabla 22 muestra que T3, o la adición del 40 % de extracto de altramuz al yogurt, tiene la mayor media estadística, o el mejor tratamiento con la mayor concentración global de polifenoles. Esto se debe a que, mientras que el yogurt de leche entera contiene muy pocas de estas sustancias bioactivas, cuanto más polifenoles se añaden, mayor es la concentración global de polifenoles del yogurt. Esto se confirmó en este estudio.

4.3.2 Exploración estadística de capacidad antioxidante del yogurt con adición de extracto de tarwi desamargado

El análisis de varianza (ANOVA) de los valores de capacidad antioxidante del yogurt con adición de extracto de tarwi desamargado se muestra en la tabla 23

Tabla 23

ANOVA de la capacidad antioxidante del yogurt con la adición de extracto de tarwi desamargado

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	Valor p
Tratamientos	40565,504	3	13521,835	9332,584	<0.001
Error	11,591	8	1,449		
Total	40577,095	11			

La tabla 23 muestra diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos, lo que indica que algunas terapias son diferentes de otras. Esto sugiere que el contenido antioxidante del yogur se ve afectado por la adición de extracto de tarwi. Para ello se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey.

Tabla 24

Prueba de Tukey para la capacidad antioxidante del yogurt con la adición de extracto de tarwi desamargado

Tratamientos*	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
T0 (Testigo)	3	0,076			
T1 (20%)	3		78,57		
T2 (30%)	3			117,71	
T3 (40%)	3				157,43
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

* Los valores de porcentaje son referidos a la adición de extracto de tarwi desamargado al yogurt

El mejor promedio estadístico, o el mejor tratamiento con la mayor capacidad antioxidante, es el T3, que corresponde a la adición del 40 % de extracto de tarwi al yogur, según los resultados de la prueba de Tukey de la tabla 24 para los valores

de capacidad antioxidante del yogur con la adición de extracto de tarwi desamargado. Esto se debe a que el contenido antioxidante del yogur aumentará en proporción a la cantidad de extracto de tarwi añadido. Esto se debe a que, como ha confirmado este estudio, solo el tarwi contiene sustancias químicas bioactivas, lo que está relacionado con su capacidad antioxidante.

4.4 Exploración organoléptica del yogurt con adición de extracto de tarwi desamargado

La exploración organoléptica de los atributos olor, color, sabor, textura y apariencia general del yogurt con adición de extracto de tarwi se presenta en la tabla 25.

La presentación gráfica de los atributos sensoriales del yogurt con adición de extracto de tarwi desamargado se muestra en la figura 7

Tabla 25

Evaluación organoléptica del yogurt con la adición de extracto de tarwi desamargado

Tratamientos	ATRIBUTOS				
	Color	Olor	Sabor	Textura	Apariencia general
T1 (3%)	4.07	4.1	4.4	4.3	4.17
T2 (6%)	3.3	3.23	3.17	3.27	3.07
T3 (9%)	2.63	2.77	2.23	2.33	2.73

La prueba de Friedman se llevó a cabo de acuerdo con el diseño sugerido para cada una de las cualidades organolépticas evaluadas con el fin de confirmar si existen cambios estadísticamente significativos ($p < 0.05$) entre los tratamientos. Si existen diferencias estadísticamente significativas, el mejor tratamiento, es decir, si los panelistas prefieren un tratamiento diferente a los demás, se determinará mediante la prueba de comparación de medias.

Figura 7

Representación gráfica de los valores del análisis organoléptico del yogurt con la adición de extracto de tarwi desamargado.

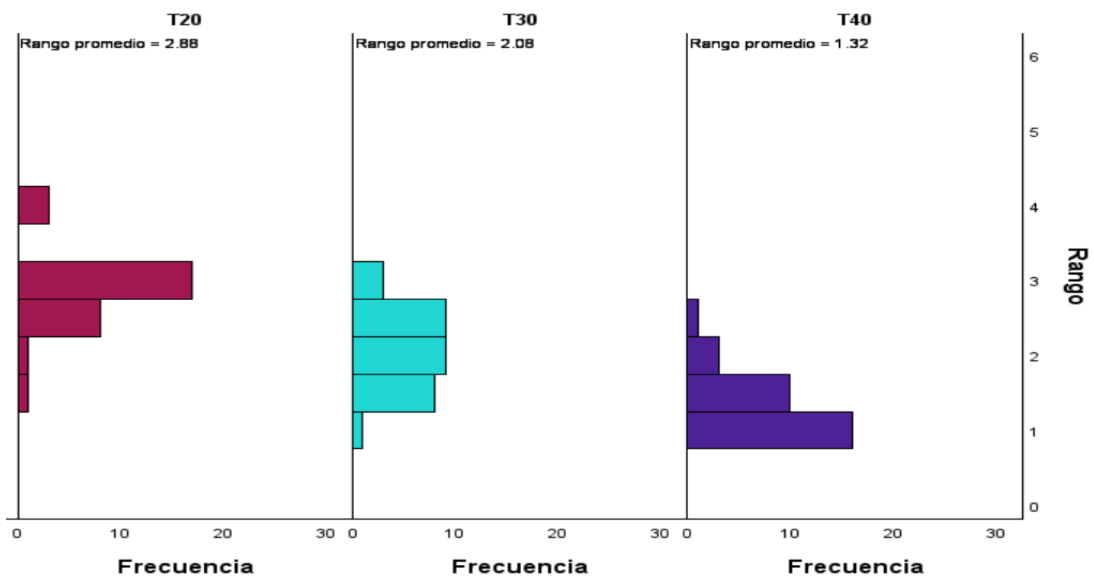


4.4.1 Prueba de Friedman para el atributo COLOR

El mejor tratamiento para el atributo OLOR se observa en la figura 8, según el análisis de rangos por Friedman, es el tratamiento T1 que corresponde a una adición de 20% de extracto de tarwi al yogurt.

Figura 8

Promedio de rangos del análisis de Friedman del atributo color



Los estadísticos de Friedman para el atributo COLOR del yogurt con adición de extracto de tarwi desamargado se muestran en la tabla 26.

Tabla 26

Estadísticos de Friedman para el atributo COLOR

Estadísticos	Valores
N	30
Parámetro de Friedman	64,260
G.L.	2
Valor p	<0,001

El análisis estadístico de Friedman sobre la característica COLOR del yogurt con extracto de tarwi añadido revela cambios sustanciales entre los tratamientos, como muestra la tabla 26. Como resultado, se aprueba la teoría alternativa. Para ello, se realizó una prueba de comparación de medias (tabla 27).

Tabla 27

Prueba de comparación de medias del atributo COLOR según Friedman

TRATAMIENTOS*	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
T3 (40%)	3	1,317		
T2 (30%)	3		2,083	
T1 (20%)	3			2,883

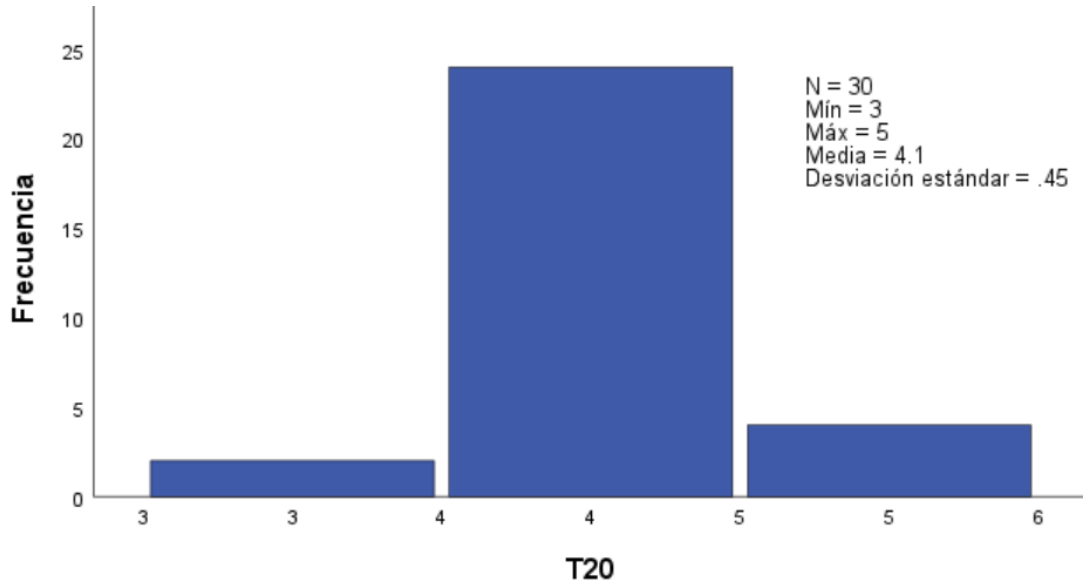
* Los valores de porcentaje son referidos a la adición de extracto de tarwi al yogurt

El estudio de Friedman revela que el T1 (20 %) tiene el mejor promedio y el tratamiento T3 (40 %) tiene el más bajo, como se muestra en la Tabla 27. Según la escala hedónica utilizada, el promedio del atributo COLOR mostrado por T1 (20 %) fue BUENO, lo que se traduce en un valor de 4.

Los datos de campo continuos para el atributo COLOR del tratamiento T1 (20 %) se muestran en la Figura 9. Según la escala hedónica empleada en la evaluación sensorial, el valor promedio es 4.1, lo que corresponde a la calificación BUENO.

Figura 9

Campo continuo según Friedman para el atributo color del tratamiento T1 (20%)

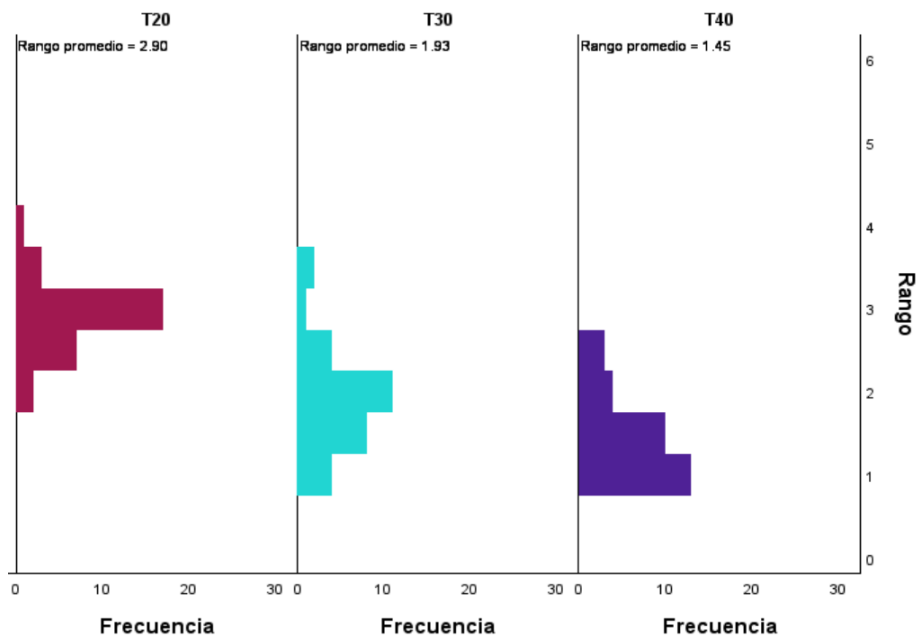


4.4.2 Análisis de Friedman para el atributo OLOR

La figura 10 muestra el tratamiento óptimo para la propiedad sensorial OLOR. El tratamiento 2, que consiste en añadir un 20 % de extracto de tarwi desamargado al yogur, es el tratamiento óptimo, según el análisis de clasificación de Friedman.

Figura 10

Promedio de rangos de Friedman del atributo olor



Los estadísticos de Friedman para el atributo OLOR del yogurt con adición de extracto de tarwi desamargado se muestran en la tabla 28.

Tabla 28

Estadísticos de Friedman para el atributo OLOR

Estadísticos	Valores
N	30
Parámetro de Friedman	60,827
G.L.	2
Valor p	<0,001

El análisis estadístico de Friedman sobre la característica OLOR del yogur con extracto de tarwi añadido revela cambios sustanciales entre los tratamientos, como muestra la tabla 28. Como resultado, se aprueba la teoría alternativa. Para ello, se llevó a cabo una prueba de comparación de medias.

Tabla 29

Prueba de comparación de medias para el atributo OLOR según Friedman

TRATAMIENTOS*	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
T3 (40%)	3	1,450	
T2 (30%)	3	1,933	
T1 (20%)	3		3,717

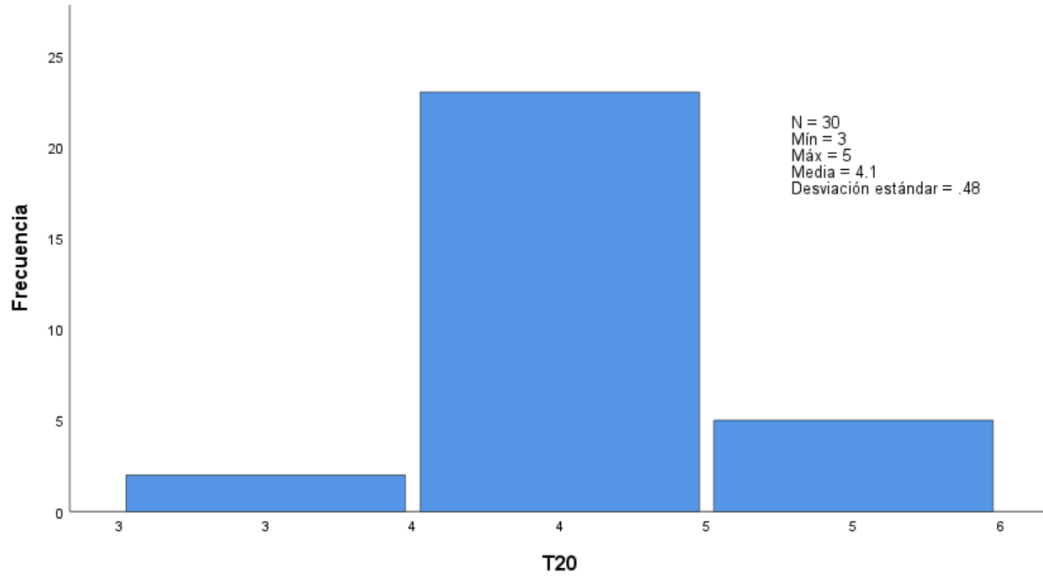
* Los valores de porcentaje son referidos a la adición de extracto de tarwi al yogurt

Según la investigación de Friedman, el tratamiento T1 (20 %) obtuvo la mejor media, mientras que los tratamientos T2 (30 %) y T3 (40 %) obtuvieron la media más baja (Tabla 29). Según la escala hedónica utilizada, el tratamiento T1 (20 %) produjo la mejor media para la característica OLOR con una calificación de BUENO, o un valor de 4.

Los datos de campo continuos para la característica OLOR del tratamiento T1 (20 %) se muestran en la Figura 11. Según la escala hedónica empleada en la evaluación sensorial, el valor promedio es 4.1, lo que corresponde a la calificación BUENO.

Figura 11

Información de campo continuo según Friedman para el atributo olor del tratamiento T1 (20%)

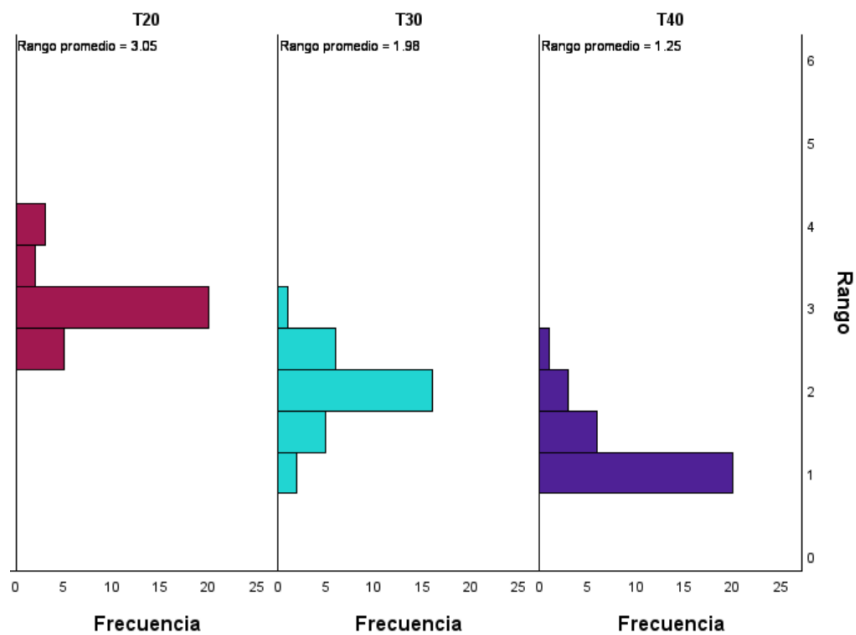


4.4.3 Prueba de Friedman para el atributo SABOR

Según la prueba de rangos por Friedman, el mejor tratamiento para el atributo sensorial SABOR es el tratamiento T1 que equivale a un 20% de extracto de tarwi desamargado al yogurt la que se visualiza en la figura 12.

Figura 12

Rangos de análisis de Friedman del atributo sabor



Los estadísticos de Friedman para el atributo SABOR del yogurt con adición de extracto de tarwi desamargado se muestran en la tabla 30.

Tabla 30

Estadísticos de Friedman para el atributo SABOR

Estadísticos	Valores
N	30
Parámetro de Friedman	69,170
G.L.	2
Valor p	<0,001

La evaluación estadística de Friedman sobre el atributo SABOR del yogur con extracto de tarwi desamargado añadido revela diferencias sustanciales entre los tratamientos, como se muestra en la Tabla 30. Por consiguiente, se acepta la hipótesis alternativa; para ello se utilizó una prueba de comparación de medias.

Tabla 31

Prueba de comparación de medias para el atributo SABOR según Friedman

TRATAMIENTOS*	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
T3 (40%)	3	1,250		
T2 (30%)	3		1,9983	
T1 (20%)	3			3,050

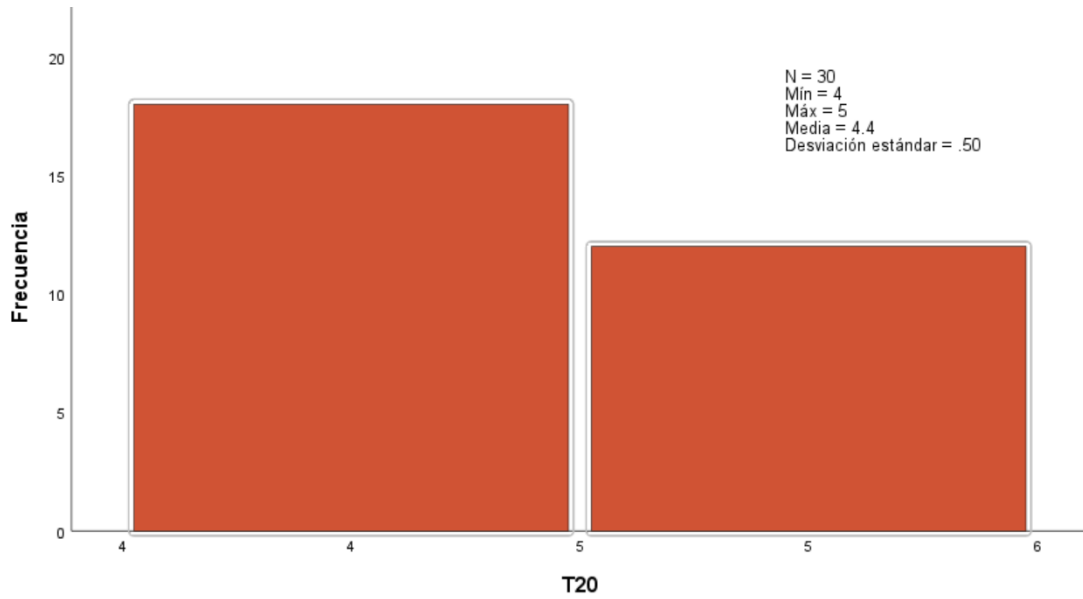
* Los valores de porcentaje son referidos a la adición de extracto de tarwi al yogurt

Según la prueba de comparación de medias de Friedman, que se muestra en la tabla 31, el tratamiento T1 (20 %) obtuvo la mejor media, mientras que los tratamientos T2 (30 %) y T3 (40 %) obtuvieron medias más bajas. Como resultado, el tratamiento T1 (20 %) tiene el mejor promedio para el atributo SABOR, con una calificación de BUENO, o un valor de 4, según la escala hedónica utilizada.

Los datos de campo continuos para el atributo SABOR del tratamiento T1 (20 %) se muestran en la figura 13. Según la escala hedónica empleada en la evaluación sensorial, el valor promedio es 4.4, lo que corresponde a la calificación de BUENO.

Figura 13

Campo continuo según Friedman para el atributo sabor del tratamiento T1 (20%)

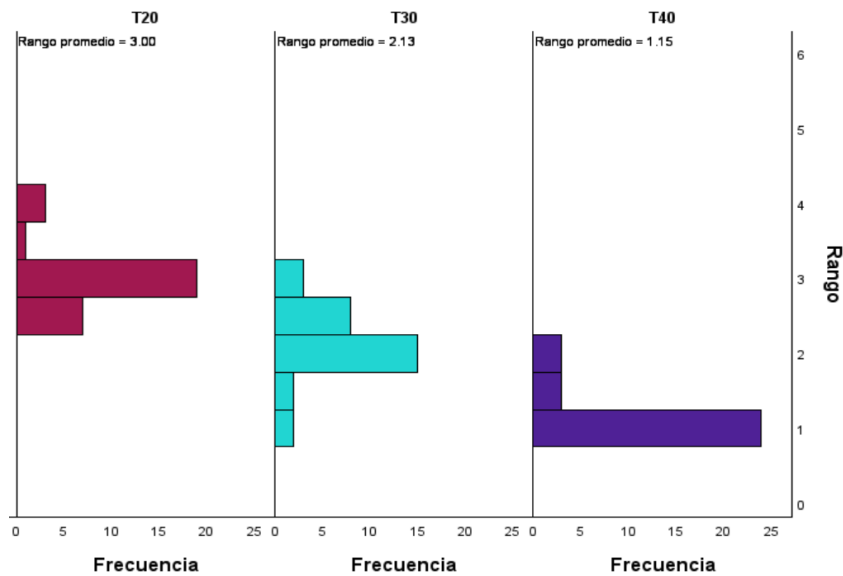


4.4.4 Análisis de Friedman para el atributo TEXTURA

Según el análisis de clasificación de Friedman, el tratamiento T1, que consiste en añadir un 20 % de extracto de tarwi desamargado al yogur, fue la mejor opción para el atributo sensorial TEXTURA (Figura 14).

Figura 14

Rangos de análisis de Friedman del atributo textura



Los estadísticos de Friedman para el atributo TEXTURA del yogurt con adición de extracto de tarwi desamargado se muestran en la tabla 32.

Tabla 32

Estadísticos de Friedman para el atributo: textura

Estadísticos	Valores
N	30
Parámetro de Friedman	70,109
G.L.	2
Valor p	<0,001

El análisis estadístico de Friedman sobre la característica TEXTURA del yogurt con extracto de tarwi desamargado añadido revela cambios significativos en todos los tratamientos, como muestra la tabla 32. Por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa, lo que se ha logrado mediante el uso de una prueba de comparación de medias.

Tabla 33

Prueba de comparación de medias para el atributo TEXTURA según Friedman

TRATAMIENTOS*	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
T3 (40%)	3	1,150		
T2 (30%)	3		2,133	
T1 (20%)	3			3,000

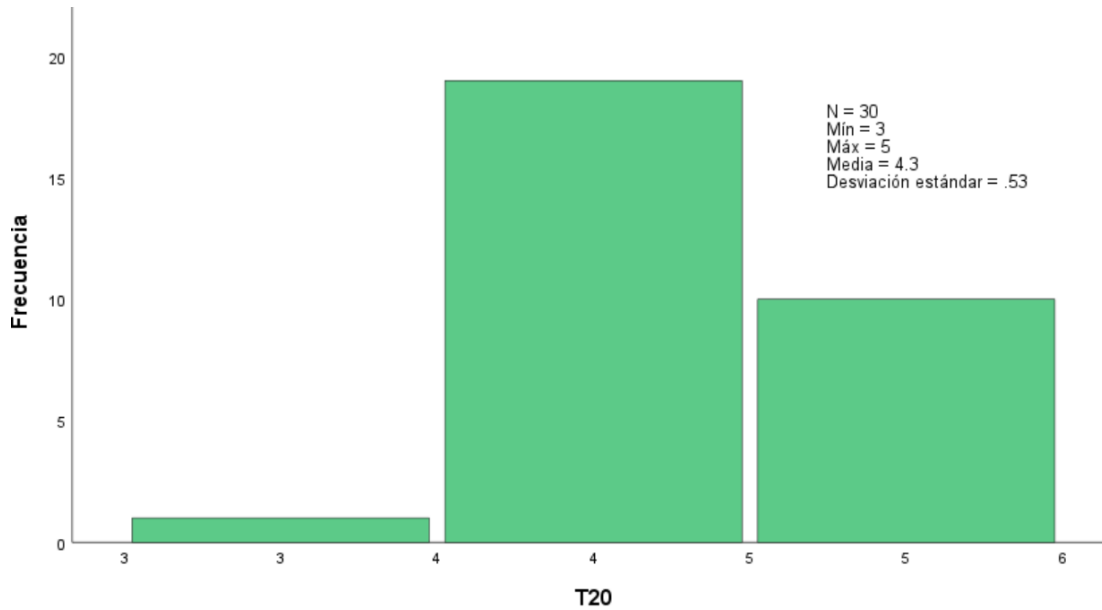
* Los valores de porcentaje son referidos a la adición de extracto de tarwi al yogurt

Según el análisis de comparación de medias de Friedman, el tratamiento T1 (20 %) obtuvo la media más alta, mientras que los tratamientos T2 (30 %) y T3 (40 %) obtuvieron medias más bajas (Tabla 33). Según la escala hedónica utilizada, el tratamiento T1 (20 %) tiene la mejor media para la característica TEXTURA, con una calificación de BUENA, o un valor de 4. Según la escala hedónica utilizada, BUENO equivale a una puntuación de 4.

Los datos de campo continuos para el atributo TEXTURA del tratamiento T1 (20 %) se muestran en la Figura 15. Según la escala hedónica empleada en la evaluación sensorial, el valor promedio es 4.3, lo que corresponde a la calificación BUENO.

Figura 15

Campo continuo según Friedman para el atributo textura del tratamiento T1 (20%)

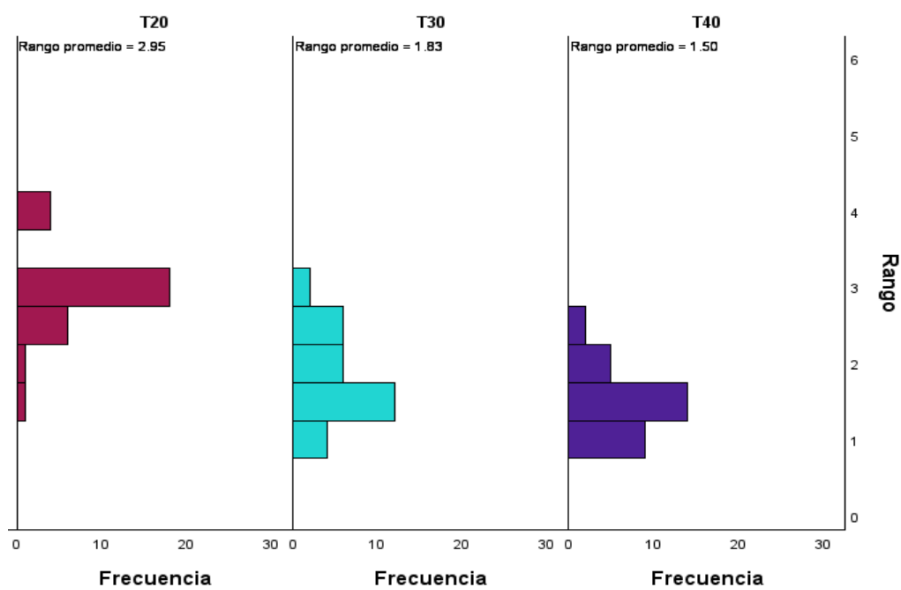


4.4.5 Análisis de Friedman para el atributo APARIENCIA GENERAL

El análisis de clasificación de Friedman indica que el tratamiento óptimo para el atributo sensorial ASPECTO GENERAL es el tratamiento T1, que consiste en añadir un 20 % de extracto de lupino desamargado al yogur (Figura 16).

Figura 16

Rangos de análisis de Friedman del atributo: Apariencia general



Los estadísticos de Friedman para el atributo APARIENCIA GENERAL del yogurt con adición de extracto de tarwi desamargado se muestran en la tabla 34.

Tabla 34

Estadísticos de Friedman para el atributo: Apariencia general

Estadísticos	Valores
N	30
Parámetro de Friedman	62,314
G.L.	2
Valor p	<0,001

El análisis estadístico de Friedman sobre el aspecto general del yogur con extracto de tarwi desamargado añadido revela cambios sustanciales entre los tratamientos (Tabla 34). Como resultado, se acepta la hipótesis alternativa; para ello se utilizó una prueba de comparación de medias.

Tabla 35

Prueba de comparación de medias para el atributo APARIENCIA GENERAL según Friedman

TRATAMIENTOS*	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
T3 (40%)	3	1,500	
T2 (30%)	3	1,833	
T1 (20%)	3		2,950

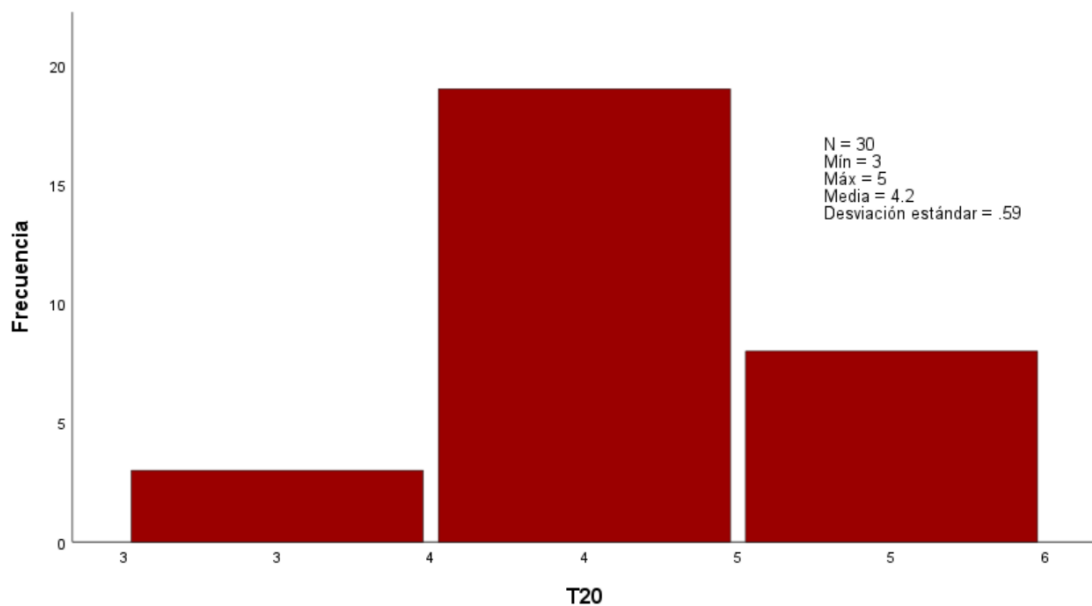
* Los valores de porcentaje son referidos a la adición de extracto de tarwi al yogurt

Según la prueba de comparación de medias de Friedman, el tratamiento T1 (20 %) tuvo la media más alta, mientras que los tratamientos T2 (30 %) y T3 (40 %) tuvieron medias más bajas (Tabla 35). Como resultado, el tratamiento T1 (20 %) tiene el mejor promedio para el atributo SABOR con una calificación de BUENO, que corresponde a un valor de 4 en la escala hedónica aplicada.

La figura 17 muestra los datos de campo continuos para el atributo ASPECTO GENERAL del tratamiento T1 (20 %). La puntuación media en la escala hedónica utilizada para la evaluación sensorial es de 4,2, lo que equivale a la calificación BUENO.

Figura 17

Información de campo continuo según Friedman para el atributo Apariencia general del tratamiento T1 (20%)



4.5 Contrastación de hipótesis del diseño planteado

Las hipótesis del diseño sugerido fueron las siguientes:

Ho: Las propiedades fisicoquímicas, funcionales y sensoriales del yogur no se alteran de manera estadísticamente significativa cuando se añade extracto de tarwi (*Lupinus mutabilis sweet*).

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

Ha: El porcentaje medio de extracto de tarwi (*Lupinus mutabilis sweet*) añadido a los atributos fisicoquímicos, funcionales y sensoriales del yogur difiere de manera estadísticamente significativa.

$$H_a: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$$

El nivel de significancia fue de $\alpha = 0,05$

Tabla 36

Resultados de la evaluación estadística del yogurt con la adición de extracto de tarwi desamargado.

Características	p<0,05	Significancia	Decisión
Fisicoquímicas			
Proteína	0,000	Si	Se acepta Ha
Grasa	0,000	Si	Se acepta Ha
Acidez titulable	0,000	Si	Se acepta Ha
pH	0,000	Si	Se acepta Ha
Viscosidad	0,000	Si	Se acepta Ha
Funcionales			
Polifenoles totales	0,000	Si	Se acepta Ha
Capacidad antioxidante	0,000	Si	Se acepta Ha
Organolépticas			
Color	0,000	Si	Se acepta Ha
Olor	0,000	Si	Se acepta Ha
Sabor	0,000	Si	Se acepta Ha
Textura	0,000	Si	Se acepta Ha
Aceptabilidad general	0,000	Si	Se acepta Ha

La hipótesis alternativa (Ha) se acepta para las características sensoriales, tal y como se indica en la tabla 36. Esto sugiere que añadir extracto de altramuz desamargado al yogur tuvo un impacto estadísticamente significativo en la aceptación del producto final en todos los casos.

Cuando se añadió extracto de altramuz desamargado al yogur, las propiedades fisicoquímicas también tuvieron un impacto estadísticamente significativo, lo que indica que estas propiedades mejoran la composición del producto y lo hacen más apetecible y saludable.

La adición de extracto de altramuz desamargado al yogur también tuvo un impacto estadísticamente significativo en las propiedades funcionales.

Según la evaluación de los panelistas utilizando la escala hedónica, el yogur que contenía un 20 % de extracto de tarwi desamargado (T1) obtuvo una calificación de BUENO (4 puntos) en cuanto a su aspecto general. Sus cualidades fisicoquímicas y funcionales, que hacen que el producto sea más funcional, nutritivo y adecuado

para el consumo tanto de adultos como de niños, también le valieron la misma puntuación en cuanto a color, aroma, sabor y textura.

El yogur es uno de los productos lácteos más populares del mundo, según Craig & Brothers (2021). Se elabora a partir de leche tratada térmicamente y bacterias vivas, que ofrecen varias ventajas, entre ellas la restauración de la flora intestinal. Numerosas investigaciones han demostrado que el yogur tiene propiedades antimutagénicas y anticancerígenas.

Según Vivanco (2018), un producto lácteo con tarwi añadido puede ayudar a prevenir la desnutrición y satisfacer las necesidades nutricionales de cada una de estas etapas debido a su alto contenido en proteínas, que constituyen más de la mitad de su peso cuando se combina con las grasas que contiene.

El tarwi contiene aminoácidos hidrofóbicos (alanina, leucina, isoleucina, valina, prolina y metionina), así como aminoácidos aromáticos (fenilalanina, triptófano, tirosina e histidina) (Intiquilla et al., 2018). Ambos tipos de aminoácidos tienen propiedades antioxidantes; los aminoácidos hidrofóbicos hacen que los péptidos sean más solubles en lípidos, lo que mejora su interacción con los radicales libres, mientras que los aminoácidos aromáticos proporcionan electrones a los radicales libres. Ambos tipos de aminoácidos pueden impedir que los radicales libres actúen de esta manera.

CONCLUSIONES

- ✓ Los valores fisicoquímicos del tarwi desamargado fueron: humedad ($92,33\% \pm 1,25$), proteína ($3,92\% \pm 0,08$), grasa ($1,94\% \pm 0,02$), cenizas ($0,17\% \pm 0,01$), fibra bruta ($0,12\% \pm 0,01$), carbohidratos ($2,06\% \pm 0,02$), sólidos solubles ($1,09\% \pm 0,02$) y sólidos totales ($13,26\% \pm 0,09$).
- ✓ El contenido de proteínas, el contenido de grasas, la acidez titulable, el pH y la viscosidad del yogur que contenía extracto de tarwi sin amargor variaron de manera estadísticamente significativa ($p < 0,05$), oscilando entre el 3,41 % y el 3,59 %; el 2,61 % y el 2,89 %; el 0,741 % y el 0,848 %; 4,98 a 5,49; y 3509,51 a 3741,61 cP, respectivamente.
- ✓ Con valores totales de polifenoles y capacidad antioxidante que oscilaron entre 0,384 y 0,711 mg GAE/g y 78,66 y 157,24 μM trolox/100 g, respectivamente, las propiedades funcionales del yogur que contenía extracto de tarwi desamargado mostraron cambios estadísticamente significativos ($p < 0,05$).
- ✓ Cuando se añadió un 20 % de extracto de tarwi desamargado, la evaluación de los panelistas sobre las cualidades sensoriales del yogur con extracto de altramuz desamargado reveló los siguientes valores: color (4,1), olor (4,1), sabor (4,4), textura (4,3) y aspecto general (4,2). Estos valores corresponden a «bueno» y «muy bueno» en la escala hedónica.
- ✓ Según las cualidades evaluadas, el yogur que contenía extracto de tarwi desamargado obtuvo una aprobación sensorial general. Además, el producto se clasifica según los parámetros fisicoquímicos como saludable, funcional y nutricional, lo que lo hace apto para el consumo de niños y adultos.

RECOMENDACIONES

- Determinar el comportamiento y el tipo de fluido mediante el análisis de las propiedades reológicas del yogur tras añadir extracto de tarwi desamargado.
- Examinar los aspectos tecnológicos, funcionales y reológicos del uso de harinas derivadas de subproductos agroindustriales, como cáscaras de cacao y pieles de maracuyá, en la fabricación de yogur.
- Analizar la vida útil del yogur mediante pruebas aceleradas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alais, C. (2018). *Ciencia de la Leche: Principios de Técnica Lechera*. Barcelona, España: Reverté, S.A
- Alcázar, J (2002). *Diccionario Técnico de Industrias Alimentarias*. Cuzco, Perú: Cibercopy.
- Álvarez-Figueroa, María & Chacón, Alejandro & Pineda-Castro, María & Cubero, Elba. (2022). Características fisicoquímicas y sensoriales de leches caprina y bovina enteras, descremadas y deslactosadas. *Agronomía Mesoamericana*, 33(2), 47039. Obtenido de <https://dx.doi.org/10.15517/am.v33i2.47039>.
- Andrade, R. D., Arteaga, M. R., & Simanca, M. M. (2010). Efecto del salvado de trigo en el comportamiento reológico del yogurt de leche de búfala. *Informacion Tecnologica*, 21(5), 117–124. <https://doi.org/10.1612/inf.tecnol.42771it.09>.
- Armas Alba, S. (2017). *Determinación de parámetros fisicoquímicos en leche* [Tesis de Licenciatura, Universidad de La Laguna]. RIULL Repositorio Institucional.
- Basiri, S., Haidary, N., Shekarforoush, S. S., & Niakousari, M. (2018). Flaxseed mucilage: A natural stabilizer in stirred yogurt. *Carbohydrate Polymers*, 187, 59-65. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.01.049>.
- Bautista, K. (2013). *Elaboración de una bebida nutritiva utilizando: spirulina (Spirulina platensis), y mora (Morus nigra), con tres concentraciones y dos tipos de conservantes (benzoato de sodio y sorbato de potasio)* (Tesis de Pregrado). Universidad Técnica de Cotopaxi, LCATUNGA, Ecuador.
- Briceño-Berru, L., Glorio-Paulet, P., Basso, C., Scarafoni, A., Camarena, F., Hidalgo, A., & Brandolini, A. (2021). Chemical Composition, Tocopherol and Carotenoid Content of Seeds from Different Andean Lupin (*Lupinus mutabilis*) Ecotypes. *Plant Foods for Human Nutrition*, 76, 98–104. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s11130-021-00880-0>.
- Carvajal-Larenas, F. E., Linnemann, A. R., Nout, M. J. R., Koziol, M., & van Boekel, M. A. J. S. (2016). *Lupinus mutabilis: Composition, Uses, Toxicology, and Debittering*. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(9), 1454–1487. <https://doi.org/10.1080/10408398.2013.772089>.
- Castilla Ramírez, C. A., & Muñoz Peña, W. A. (2017). *Elaboración de un yogur cuchareable fortificado con zumo de vegetales encapsulado y cáscara de piña pulverizada para población infantil*. Retrieved from https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_alimentos/72.

- Chandan, R., y Kilara, A. (2013). Manufacturing yogurt and fermented milks. USA: John Wiley y Sons.
- Chirinos, R., Pedreschi, R., Rogez, H., Larondelle, Y., & Campos, D. (2013). Phenolic compound contents and antioxidant activity in plants with nutritional and/or medicinal properties from the Peruvian Andean region. *Industrial Crops and Products*, 47, 145-152. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.02.025>.
- Córdova J, Gonzáles U & Cerrón L. (2018). Physicochemical and sensory properties of yogurt as affected by the incorporation of jumbo squid (*Dosidicus gigas*) poder. *LWT – Food Science and Technology* 93:506-510
- Coronel Feijo, M. A. (2018). Estudio de las características físico-químicas y sensoriales de yogurt enriquecido con quinua ("Chenopodium quinoa" Willd). Universidad de Extremadura. Retrieved from http://dehesa.unex.es/bitstream/handle/10662/9273/TDUEX_2019_Coronel_Feijo.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Cottrino, V., y Gaviria, B. (2006). Como se determina la calidad microbiológica de la leche cruda. Recuperado de <http://lmvlt.com/programas/index.%20html#articulos>.
- Craig, W. J., & Brothers, C. J. (2021). Nutritional content and health profile of nondairy plant-based yogurt alternatives. *Nutrients*, 13(11), 4069. Doi: 10.3390/nu13114069.
- Enciso, C. (2016). Yogur: un alimento nutritivo y versátil. *Alsec S.A.S.*, 18, 1-3.
- Espinoza, 2022. Elaboración de yogur batido enriquecido con fibra de tuna (*Opuntia ficus-indica*) edulcorado con stevia (*Stevia rebaudiana*). Tesis de pregrado. UNHEVAL. Huánuco. Perú. <https://hdl.handle.net/20.500.13080/7821>.
- Fabela D. (2013). Desarrollo de un producto lácteo bajo en grasa y adicionado de fibra dietética mediante el uso de inulina y maltodextrina. Tesis de pregrado. Universidad Nacional Autónoma de México. México. Recuperado de <https://repositorio.unam.mx/contenidos/389330>.
- Feijóo, J. (2012). Estudio de la calidad de leche fresca que se comercializa en la ciudad de piñas. Tesis para optar el título. Universidad de Loja. Loja. Ecuador. Disponible en <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/5411>.
- Fitratullah, A. M. N., Maruddin, F., Yuliati, F. N., Prahesti, K. I., & Taufik, M. (2019). Addition of red dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) on yogurt: Effect on lactic acid content, pH, and the inhibition of *Escherichia coli* growth. In *IOP*

- Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 343, No. 1, p. 012034). IOP Publishing. Extraído de <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/343/1/012034/meta>.
- Fu R, Li J, Zhang T, Cheng R, Wang S & Zhang J. (2018). Salecan stabilizes the microstructure and improves the rheological performance of yogurt. *Food Hydrocolloides* 81:474-480. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.03.034>.
- González Regueiro, Verónica, Carlos Rodeiro, Carmen Sanmartín y Sergio Vila. 2014. Introducción al Análisis Sensorial: Estudio hedónico del pan en el IES Mugaros. Tesis de Licenciatura. España. IES de Mugaros.
- Haque, Z., & Ji, T. (2003). Cheddar whey processing and source: II. Effect on non-fat ice cream and yoghurt. *International Journal of Food Science and Technology*, 38, 463-473.
- Hashemi, H., Hadi, M., Mesbahi, G & Amin, M. (2015). Scientific and technical aspects of yogurt fortification: a review. *Food Science and Human Wellness*. Vol. 4, 1 - 8. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fshw.2015.03.002>.
- Hernández E. (2005). Evaluación Sensorial. Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería. Bogotá: UNAD.
- Hoxha, R., Evstatieva, Y., y Nikolova, D. (2023). Características fisicoquímicas, reológicas y sensoriales del yogur fermentado por bacterias del ácido láctico con potencial probiótico y propiedades bioprotectoras. *Alimentos*, 12(13), 2552. <https://doi.org/10.3390/foods12132552>.
- Illescas, C. E. 2001. Curso teórico practico sobre lactología. Pp 13-17, 67-73.
- INEI. (2020). Mapa de pobreza monetaria provincial y distrital 2018. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1718/Libro.pdf.
- Intiquilla A, Jiménez-Aliaga K, Zavaleta AI, Hernández-Ledesma B. (2018). Production of Antioxidant Hydrolyzates from a *Lupinus mutabilis* (Tarwi) Protein Concentrate with Alcalase: Optimization by Response Surface Methodology. *Natural Product Communications*. 13(6). <https://doi.org/10.1177/1934578X1801300626>.
- Isleten, M., & Karagul-Yuceer, Y. (2006). Effects of Dried Dairy Ingredients on Physical and Sensory Properties of Nonfat Yogurt. *Dairy science*, 89(8), 2865-2872.
- Jacobsen E., y Mujica A. (2006) Revista Científica Botánica Económica de los Andes Centrale: El tarwi (*Lupinus Mutabilis* Sweet.) y sus parientes silvestres.

- Jiménez-Martínez, C.; Hernández-Sánchez, H.; Dávila Ortiz, G. 2007. Diminution of quinolizidine alkaloids, oligosaccharides, and phenolic compounds from two species of lupinus and soybean seeds by the effect of *Rhizopus oligosporus*. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 87(7): 1315-1322. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2851>.
- Jurado B, Aparcama I, Villarreal L, Ramos E, Calixto M, Hurtado P Acosta K. (2016). Evaluación del contenido de polifenoles totales y la capacidad antioxidante de los extractos etanólicos de los frutos de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) de diferentes lugares del Perú. *Rev. Soc. Quím. Perú.* 82(3). <https://doi.org/10.37761/rsqp.v82i3.58>.
- Karamać, M.; Orak, H.H.; Amarowicz, R.; et al. 2018. Phenolic contents and antioxidant capacities of wild and cultivated white lupin (*Lupinus albus* L.) seeds. *Food Chemistry* 258: 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.03.041>.
- Margariños, H. (2001). Producción higiénica de la leche cruda. Una guía para la pequeña y mediana empresa. 1ª ed. Guatemala, Guatemala: Producción y Servicios Incorporados S.A. Disponible en http://www.science.oas.org/OEA_GTZ/LIBROS/LA_LECHE/leche_all.pdf.
- Marín, A.; Buendía, B.; Allende, P y Tomás F. (2007). Estabilidad de los compuestos bioactivos de fresa sometida a tratamientos poscosecha oxidativos y atmosféricos. In *V Congreso Iberoamericano de Tecnología poscosecha y Agroexportaciones. Tecnología, calidad y seguridad hortofrutícola: Universidad Politécnica de Cartagena. 29 de mayo a 1 de junio, 2007* (pp. 1161-1170). Universidad Politécnica de Cartagena. <https://doi.org/10.31428/10317/12260>.
- Martínez-Villaluenga, C.; Zieliński, H.; Frias, J.; et al. (2009). Antioxidant capacity and polyphenolic content of high-protein lupin products. *Food Chemistry* 112(1): 84-88. Obtenido en <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.05.040>.
- Máximo K y Serquen K. (2020). Elaboración y evaluación del yogurt de tuna (*Opuntia ficus indica*) con sustitución parcial de leche de cabra (*Capra hircus*). Tesis de pregrado. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque. <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/8635>.
- Medeiros, A. C., Souza, D. F., & Correia, R. T. P. (2015). Effect of incubation temperature, heat treatment and milk source on the yoghurt kinetic acidification. *International Food Research Journal*, 22(3), 1030-1036.

- Mendieta-Romero YM, Villacorta-González MY. (2021). Análisis comparativo de macronutrientes entre el yogurt elaborado con extracto de *Lupinus mutabilis* “tarwi”, y el yogurt artesanal e industrializado. *UCV Sci. Biomed.*; 4(3): 35-50.
- Migliorini, P., & Wezel, A. (2017). Converging and diverging principles and practices of organic agriculture regulations and agroecology. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 37(6). <https://doi.org/10.1007/s13593-017-0472-4>.
- Morales, A. (2020). Desarrollo de yogurt tipo III con zapallo y ajonjolí como aporte de fibra y antioxidantes (Tesis de pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.Chimborazo,Ecuador. In Conciencia Digital. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/15498>.
- Moreira T, Transfeld A & Fagundes C. (2017). Elaboration of yogur with reduced level of lactose added of carob (*Ceratonia siliqua* L.). *Food Science and Technology* 76: 326-329.
- Mori Núñez, C. L., & Núñez Saavedra, C. (2019). Efecto de la carragenina y la sacarosa en la actividad de agua del yogurt. *Anales Científicos*, 80(1), 280-287. Obtenido de <https://doi.org/10.21704/ac.v80i1.1394>.
- Norma Técnica Peruana 202.092:2014. LECHE Y PRODUCTOS LÁCTEOS. Leches fermentadas. Yogurt. Requisitos
- Organización Mundial de la Salud, (2019). Plan de acción para la prevención y el control de las enfermedades no transmisibles en las Américas. Recuperado de: <https://www.paho.org/hq/dmdocuments/2015/plan-accion-prevencion-control-ent-americas.pdf>
- Orlando J. (2011). Aplicación del ultrasonido en la industria de alimentos. Escuela Ciencias Básicas Tecnología e Ingeniería, Universidad Nacional Abierta y a Distancia-UNAD, Bogotá, Colombia. *Revista Especializada en Ingeniería de Procesos en Alimentos y Biomateriales*. Extraído de <https://doi.org/10.22490/25394088.1098>.
- Palomino, L., García C., Gil. J., Rojano, B., Durango, R. (2009). Determinación del contenido de fenoles y evaluación de la actividad antioxidante de propóleos recolectados en el departamento de Antioquia (Colombia). *Vitae*, 16(3):388-395. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-40042009000300013.
- Quispe. (2012). Extracción y caracterización del aceite de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet).” Tesis de pregrado. Universidad Nacional Del Altiplano - Facultad De Ciencias Agrarias. Escuela Profesional De Ingenieria Agroindustrial.

- Ranilla, L.G.; Genovese, M.I.; Lajolo, F.M. 2009. Isoflavones and antioxidant capacity of Peruvian and Brazilian lupin cultivars. *Journal of Food Composition and Analysis* 22(5): 397-404. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfca.2008.06.011>.
- Repo-Carrasco-Valencia, R. (2020). Nutritional Value and Bioactive Compounds in Andean Ancient Grains. *Proceedings*, 53(1), 1. <https://doi.org/10.3390/proceedings2020053001>.
- Robles-Ozuna, L., & Ochoa--Martínez, L. (2012). ULTRASONIDO Y SUS APLICACIONES EN EL PROCESAMIENTO DE ALIMENTOS. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 13(2), 109-122. Extraído de <https://www.redalyc.org/pdf/813/81325441002.pdf>.
- Romero-Espinoza, A. M., Serna-Saldívar, S. O., Vintimilla-Álvarez, M. C., Briones-García, M., & Lazo-Vélez, M. A. (2020). Effects of fermentation with probiotics on anti-nutritional factors and proximate composition of lupin (*Lupinus mutabilis* sweet). *LWT - Food Science and Technology*, 130, 109658. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109658>.
- Sandoval Castilla, O., Lobato Calleros, C., Aguirre Mandujano, E., & Vernon Carter, E. J. (2004). Microstructure and texture of yogurt as influenced by fat replacers. *International Dairy Journal*, 14(2), 151–159. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(03\)00166-3](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(03)00166-3).
- Sarwar, A., Aziz, T., Al-Dalali, S., Zhao, X., Zhang, J., ud Din, J., Chen, C., Cao, Y., & Yang, Z. (2019). Physicochemical and Microbiological Properties of Synbiotic Yogurt Made with Probiotic Yeast *Saccharomyces boulardii* in Combination with Inulin. *Foods*, 8(10), 468. <https://doi.org/10.3390/foods8100468>.
- Seguil, C., Egas, E., Avilez, J., Blas, C., y Huamanlazo, M. (2019). Evaluación de la extracción de alcaloides de la semilla de tarwi (*Lupinus mutabilis*), por microondas, ultrasonido y convencional. *Journal of Agri-Food Science*, 1(1), 37–46. Obtenido de <https://revistas.uncp.edu.pe/index.php/jafs/article/view/472>.
- Sharma, R. (2013). Sensory Quality Aspects of Yoghurt. *Dairy Australia/NCDEA, Webinar*.
- Signorini, C., Carpen, A., Coletto, L., Borgonovo, G., Galanti, E., Capraro, J., Magni, C., Abate, A., Johnson, S. K., Duranti, M., & Scarafoni, A. (2017). Enhanced vitamin B12 production in an innovative lupin tempeh is due to synergic effects of *Rhizopus* and *Propionibacterium* in cofermentation. *International*

- Journal of Food Sciences and Nutrition, 69(4), 451–457.
<https://doi.org/10.1080/09637486.2017.1386627>.
- Silva B, Resende S, Souza A, Silva M, Plácido G & Caliari M. (2014). Physicochemical, rheological and stability characterization of a caramel flavored yogurt. *African Journal Biotechnology* 13(37):397-3804.
- Suarez Diéguez, T., Gonzáles Escalante, E., Martínez, Reséndez, Y., & Sánchez Martínez, D. (2014). La importancia de los aditivos alimentarios en los alimentos industrializados. Retrieved from <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/icsa/n4/e5.html>.
- Taípe, L. (2017). La agricultura precolombina en Chile y países vecinos. Universidad Nacional de Chile.
- Tapia, M., & Fries, A. (2007). Guía de campo de los cultivos andinos. Lima, Perú: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO); Asociación Nacional de Productores Ecológicos del Perú (ANPE).
- Thaipong, K., Boonprakob, U., Crosby, K., Cisneros-Ceballos, L., Hawkins, D. (2006) Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. *Journal of Food Composition and Analysis*, pp. 669-675. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2006.01.003>.
- Valencia, Z., Cámara, F., Ccapa, K., Catacora, P., & Quispe, F. (2017). Compuestos bioactivos y actividad antioxidante de semillas de quinua peruana (*Chenopodium quinoa W.*). *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 83(1), 16-29.
- Varela, P. y Ares, G. (2012). Sensory profiling, the blurred line between sensory and consumer science. A review of novel methods for product characterization. *Food Research International*, 48 (1): 893–908.
- Villacrés et al. (2006) Usos alternativos del chocho. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, INIAP Boletín Divulgativo N° 333 Departamento de Nutrición y Calidad de los Alimentos. Ecuador.
- Vivanco, G. (2018). Efecto de tres tratamientos de desamargado de grano de tarwi (*Lupinus mutabilis Sweet*) en el contenido de grasa. Tesis. Universidad Nacional José María Arguedas. Andahuaylas. Perú. Obtenido de: <https://hdl.handle.net/20.500.14168/350>.
- Voilley, A., & Etiévant, P. (2006). Flavour in food. Taylor & Francis US.
- Weerawatanakorn, M., Wu, J., Pan, M., & Ho, C. (2015). Reactivity and stability of selected flavor compounds doi: <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2015.02.001>

ANEXOS

ANEXO 1

FICHA TÉCNICA DE CULTIVOS LÁCTICOS PARA YOGURT



Producto	Nombre comercial	Marca
Cultivo iniciador concentrado congelado para yogur	FARGO 404	KERRY
Registros		Origen
SENASA Reg. N° A-1856	RNPA N° 520015	USA
Características del producto		Composición
Libre de organismos genéticamente modificados. Certificado Kosher y Halal Libre de alérgenos excepto leche y derivados. Sin TACC		Streptococcus thermophilus Lactobacillus bulgaricus

Funcionalidad:

Esta selección de cepas, Streptococcus thermophilus y Lactobacillus bulgaricus, generan simbióticamente una muy buena estimulación para el desarrollo de ácido y sabor en el yogur. El uso de FARGO 404 produce un yogur con buen cuerpo y sabor intenso.

Aplicaciones:

Yogur

Dosis:

Consultar con el técnico de Laboratorios Amerex Argentina S.A.

Modo de uso:

Colocar el cultivo congelado directamente en la mezcla pasteurizada y enfriada a una temperatura de 43°C, agitar a baja velocidad durante 30 min.

Especificaciones:

Viabilidad de cepas	Concentración	Mín. $7,5 \times 10^7$ ufc/ml
---------------------	---------------	-------------------------------

Microbiológicas	Coliformes	Negativo en 1g
	Escherichia coli	Negativo en 1g
	Pseudomonas aeruginosa	Negativo en 1g
	Staphylococcus aureus	Negativo en 1g
	Bacillus cereus	Negativo en 1g
	Salmonella sp	Negativo en 25g
	Listeria monocytogenes	Negativo en 25g
	Hongos y Levaduras	Negativo en 1g

Nota: Amerex enviará a sus clientes, por cada lote, el certificado de análisis original emitido por Kerry.

Envase:

Pote de polipropileno con tapa de aluminio termosellada

Presentación:

Pote x 170 g

Caja de cartón corrugado x 12 potes

Medidas externas de la caja: 43 x 29,5 x 7 cm

Vida útil y Condiciones de almacenamiento:

15 meses desde la fecha de elaboración, almacenado a temperatura constante inferior o igual a -26° C en envase original bien cerrado.

ANEXO 2

FICHA DE EVALUACIÓN ORGANOLÉPTICA DEL YOGURT CON EXTRACTO DE TARWI DESAMARGADO

Nombre:.....Edad.....

Fecha:.....

I. Estás recibiendo muestras codificadas de **YOGURT**. Por favor, indique según la escala abajo indicada, cuánto le gustó o disgustó el **COLOR** de la muestra:

- 5. Muy bueno
- 4. Bueno
- 3. Aceptable
- 2. Deficiente
- 1. Malo

Muestra	COLOR
T1	
T2	
T3	

II Por favor, ahora pruebe la muestra e indique según la escala de abajo, cuánto le gustó o disgustó el **OLOR** de la muestra:

- 5. Muy bueno
- 4. Bueno
- 3. Aceptable
- 2. Deficiente
- 1. Malo

Muestra	COLOR
T1	
T2	
T3	

III. Por favor, indique según la escala de abajo, cuánto le gustó o disgustó el **SABOR** de la muestra.

- 5. Muy bueno
- 4. Bueno
- 3. Aceptable
- 2. Deficiente
- 1. Malo

Muestra	COLOR
T1	
T2	
T3	

IV. Por favor, pruebe nuevamente la muestra e indique según la escala abajo indicada en cuánto le gusta o disgusta la **TEXTURA** de la muestra:

- 5. Muy bueno
- 4. Bueno
- 3. Aceptable
- 2. Deficiente
- 1. Malo

Muestra	COLOR
T1	
T2	
T3	

V. Por favor, pruebe nuevamente la muestra e indique según la escala abajo indicada en cuánto le gusta o disgusta la **APARIENCIA GENERAL** de la muestra:

- 5. Muy bueno
- 4. Bueno
- 3. Aceptable
- 2. Deficiente
- 1. Malo

Muestra	COLOR
T1	
T2	
T3	

.....

FIRMA

ANEXO 3

EVALUACIÓN ORGANOLÉPTICA DEL YOGURT CON ADICIÓN DE EXTRACTO DE TARWI DESAMARGADO

ATRIBUTO: COLOR

PANELISTA	20%	30%	40%
1	4	3	3
2	5	3	2
3	4	3	3
4	4	4	3
5	4	4	2
6	4	3	3
7	4	3	3
8	4	3	2
9	4	3	3
10	4	4	3
11	4	4	3
12	4	4	2
13	5	3	3
14	4	4	3
15	4	2	2
16	4	4	3
17	4	3	2
18	3	3	3
19	4	3	2
20	4	3	3
21	5	3	2
22	4	4	3
23	4	3	2
24	5	4	2
25	4	3	2
26	4	2	3
27	4	3	3
28	4	3	3
29	4	4	3
30	3	4	3
SUMA	122	99	79
PROMEDIO	4.07	3.30	2.63

ATRIBUTO: OLOR

PANELISTA	20%	30%	40%
1	4	4	3
2	5	3	2
3	4	4	3
4	4	3	3
5	4	3	4
6	5	4	3
7	4	3	3
8	4	3	3
9	4	3	2
10	4	2	3
11	4	3	1
12	4	3	4
13	4	4	3
14	4	3	3
15	4	3	2
16	5	3	2
17	4	3	4
18	3	3	3
19	4	4	2
20	4	3	3
21	3	3	3
22	4	4	3
23	4	3	2
24	5	4	3
25	4	3	2
26	4	3	3
27	4	3	3
28	4	3	3
29	5	3	2
30	4	4	3
SUMA	123	97	83
PROMEDIO	4.10	3.23	2.77

ATRIBUTO: SABOR

PANELISTA	20%	30%	40%
1	4	3	3
2	5	3	2
3	4	3	3
4	4	3	1
5	5	3	2
6	4	3	3
7	5	3	2
8	5	3	1
9	4	3	3
10	4	4	2
11	5	3	3
12	4	4	2
13	4	3	1
14	4	3	3
15	5	2	3
16	4	3	3
17	4	3	2
18	5	2	3
19	5	3	2
20	4	3	1
21	5	3	2
22	4	4	3
23	4	3	2
24	5	4	3
25	4	3	2
26	4	4	2
27	5	4	1
28	4	3	2
29	4	4	3
30	5	3	2
SUMA	132	95	67
PROMEDIO	4.40	3.17	2.23

ATRIBUTO: TEXTURA

PANELISTA	20%	30%	40%
1	5	4	3
2	5	3	2
3	5	3	2
4	4	4	1
5	5	4	3
6	4	4	3
7	5	4	2
8	4	3	2
9	5	3	1
10	4	2	3
11	4	4	3
12	4	3	2
13	4	4	3
14	4	3	2
15	5	3	2
16	4	3	2
17	5	3	2
18	4	3	2
19	4	4	3
20	4	3	3
21	4	4	3
22	4	3	2
23	4	3	2
24	5	2	3
25	4	3	2
26	4	3	3
27	4	4	3
28	3	3	2
29	4	3	2
30	5	3	2
SUMA	129	98	70
PROMEDIO	4.30	3.27	2.33

ATRIBUTO: APARIENCIA GENERAL

PANELISTA	20%	30%	40%
1	4	3	3
2	5	3	2
3	4	3	3
4	5	2	3
5	4	3	2
6	5	2	3
7	4	4	3
8	5	3	3
9	4	3	3
10	4	2	3
11	3	3	3
12	4	4	2
13	3	4	3
14	4	4	3
15	5	3	3
16	4	4	2
17	4	3	3
18	4	3	3
19	4	3	2
20	4	3	3
21	5	3	3
22	5	4	3
23	4	3	3
24	5	2	2
25	4	3	2
26	3	2	3
27	4	3	3
28	4	3	3
29	4	4	2
30	4	3	3
SUMA	125	92	82
PROMEDIO	4.17	3.07	2.73

ANEXO 4

Determinación de proteínas en el yogurt (Método SORENSEN)

Fundamento.

Sarwar et al., (2019) precisan que el método de Sorensen determina el contenido de proteínas en el yogurt mediante una valoración ácido-base, ya que, tras la adición de formol a la muestra, el formaldehído se une a los grupos amino de los aminoácidos de las proteínas dejando los grupos carboxilos libres. Este hecho produce cambios en la acidez titulable de la leche siendo valorada con hidróxido sódico. La cantidad de hidróxido sódico empleado en la neutralización es utilizada para calcular la cantidad de proteínas presente en la muestra.

Procedimiento.

Se procedió a medir 5ml de muestra de cada tipo de yogurt (mezcla según diseño). Se hizo una dilución en 20 ml de agua destilada. Luego se tomó por separado 20 mililitros de formaldehído en un vaso de recipiente rotulado con el número I, se procedió a agregar 4 gotas de fenolftaleína y posteriormente se neutralizó con hidróxido de sodio al 0.1N (colocado en la bureta) hasta que nos dio un color levemente grosella. Se colocó dos vasos de precipitación de 100 ml rotulados con números II y III, posteriormente se agregó a cada una de ellas 20 mililitros de muestra de yogurt diluido, y finalmente 2 gotas de fenolftaleína. Luego en el vaso de precipitación rotulado con el número II se procedió a agregar gota a gota hidróxido de sodio 0.1 (en la bureta) hasta que se logró obtener un color ligeramente rosado. Se continuó con el vaso de precipitación rotulado con el número III y se agregó gota a gota hidróxido de sodio 0,1N hasta, un color ligeramente grosella, tomando como modelo el vaso de precipitación I. Finalmente se procedió a titular con hidróxido de sodio 0,1N hasta llegar al color ligeramente rosado y se tomó nota de los mililitros de hidróxido de sodio gastados.

$$\% \text{ Proteínas} = \text{Gasto de NaOH } 0,1\text{N} \times 0,1909 \times 5$$

ANEXO 5

Determinación de polifenoles totales

Fundamento.

Kraujalytė et al., (2015) modificaron el método Folin Ciocalteu en la determinación de compuestos fenólicos totales, para reducir la cantidad de reactivos, utilizando agua destilada como solvente.

Procedimiento.

Para la extracción de polifenoles, se tomó 0.2 gramos de cada muestra en 6 ml de agua destilada asistida por ultrasonido durante 20 minutos con una temperatura de 50°C.

Para elaborar la recta de calibrado se prepararon 6 concentraciones diferentes de ácido gálico (0.01, 0.02, 0.05, 0.10, 0.20 y 0.40 mg/ml), posteriormente a partir de estas concentraciones se tomaron 100 µl por triplicado, se añadió 1 ml de reactivo Folin-Ciocalteu diluido 10 veces y se dejó reposar por 4 minutos de incubación en la oscuridad.

Luego de transcurrir los 4 minutos, a cada tubo se añadió 1 ml de carbonato de sodio (Na_2CO_3) al 7% y 400 µL de agua destilada, dejando nuevamente incubar durante de 90 minutos en la oscuridad.

Finalmente, luego de la incubación se hizo lectura de la absorbancia a 760 nm, utilizando como blanco un tubo con 100 µL de agua destilada en lugar de ácido gálico y que contenía los demás compuestos.

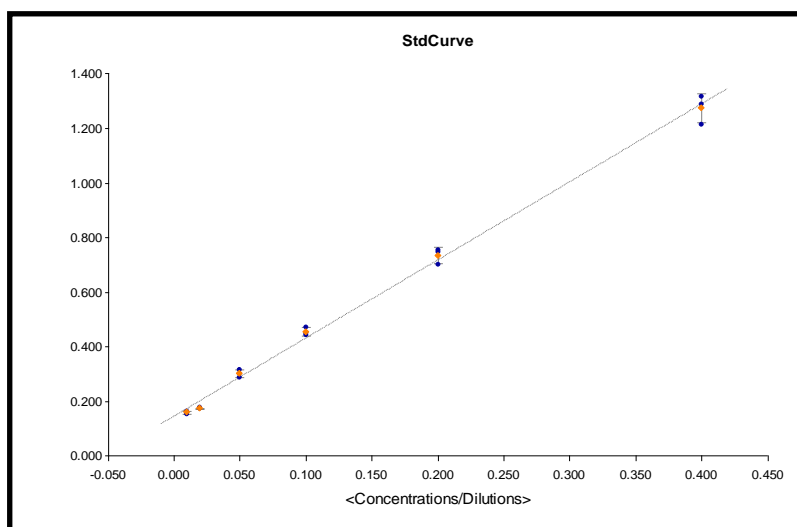
La ecuación que rige la recta de calibrado tendrá la siguiente forma:

$$y = A(x) + B$$

$$\text{Absorbancia 760 nm} = A(\text{Concentración}) + B$$

Para el conteo de compuestos fenólicos totales presentes en las muestras de moringa, se realizó un procedimiento análogo al procedimiento de la recta de calibrado, sustituyendo únicamente los 100 µl de ácido gálico por 100 µl de la muestra a analizar. Los resultados del análisis son expresados en mg de equivalentes de ácido gálico por gramo de peso seco de la muestra (mg GAE/ g)

Curva estándar y ecuación matemática



Curve Name	Curve Formula	A	B	R2
StdCurve	$Y=A*X+B$	2.73	0.167	0.992

MUESTRA	ABS	CONC (mg GAE/ g ms)	mg GAE/100 g ms
T0 (Control)	0.224	0.000585	0.0585
	0.219	0.000579	0.0579
	0.225	0.000575	0.0575
T1 (20% E.T.)	0.289	0.003810	0.3810
	0.315	0.003790	0.3790
	0.325	0.003920	0.3920
T2 (30% E.T.)	0.263	0.005490	0.5490
	0.271	0.005540	0.5540
	0.228	0.005600	0.5600
T3 (40% E.T.)	0.294	0.006930	0.6930
	0.277	0.007200	0.7200
	0.294	0.007210	0.7210

ANEXO 6

Determinación de la capacidad antioxidante (Método DPPH)

Fundamento

La actividad antioxidante se determinó por el descenso de la absorbancia a 515 nm de una solución metanólica de radical difenil 1-picrilhidrazil (DPPH) en presencia de las distintas muestras de yogurt con extracto de tarwi, en donde la solución del radical DPPH es la absorbancia inicial (A₀) (Thaipong et al., 2006). El DPPH con el radical oxidado presenta un color inicial morado que a medida que se va reduciendo se torna amarillo. Esta diferencia de color permite cuantificar el porcentaje de DPPH reducido mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ DPPH reducido} = (A_{(0)} - A_m) / A_0 * 100$$

Siendo:

Am la absorbancia de la muestra

Procedimiento

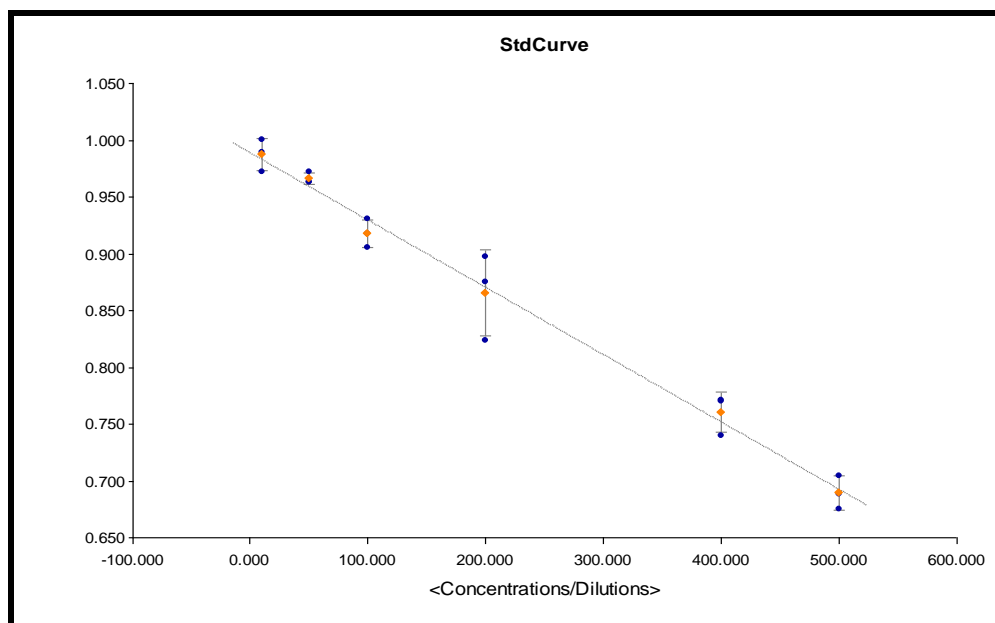
Se preparó una solución de DPPH 1 mM (40 mg de DPPH en 100 ml de metanol absoluto), que se diluye con metanol hasta llegar a valores de absorbancia cercanos a 0,800. Las medidas de absorbancia se realizaron a 515 nm, utilizando metanol absoluto como blanco y haciendo reaccionar, directamente en los pocillos de las microplacas y sin tiempo de incubación, 10 µl del estándar antioxidante con 190 µl de DPPH. Los valores son expresados comparándolos con equivalentes de un compuesto patrón (Trolox).

Recta Patrón de Trolox

Se preparó una solución madre de Trolox 1mM en etanol absoluto (25 mg de ácido 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilchroman-2-carboxílico en 100 ml de etanol) y a partir de ella preparamos 5 disoluciones a diferentes concentraciones (10, 100, 200, 400 y 500 µM). Medimos la absorbancia inicial (A₀) y las absorbancias de las 5 concentraciones por triplicado a 515 nm, tomando 10 µl de cada concentración y 190 µl de DPPH, se obtuvieron la siguiente ecuación.

$$\% \text{ DPPH reducido} = 0,0555 \cdot [\text{equivalentes de Trolox}] - 0.3911$$

Curva estándar y ecuación matemática



Curve Name	Curve Formula	A	B	R2
StdCurve	$Y=A*X+B$	-0.00063	0.968	0.991

MUESTRA	ABS	% DPPH REDUCIDO	u mol Trolox	u mol Trolox/100g
T0 (Control)	0.966	2.187	0.00074	0.074
	0.967	2.224	0.00075	0.075
	0.958	3.134	0.00079	0.079
T1 (20% E.T.)	0.972	1.719	0.7839	78.39
	0.942	4.752	0.7871	78.71
	0.923	6.673	0.7889	78.89
T2 (30% E.T.)	0.981	0.809	1.1920	119.2
	0.942	4.752	1.1713	117.13
	0.923	6.673	1.1695	116.95
T3 (40% E.T.)	0.966	2.326	1.5630	156.3
	0.968	2.123	1.5870	158.7
	0.971	1.820	1.5730	157.3

ANEXO 7

PANEL FOTOGRÁFICO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN “Obtención del extracto de tarwi desamargado”



“Elaboración del yogurt con adición de extracto de tarwi desamargado”







**UNSCH**FACULTAD DE INGENIERÍA
QUÍMICA Y
METALURGIA

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS:

(Reglamento de grados y títulos, aprobado con RCU N° 3403-2024-UNSCH-CU)

Efecto de la adición de extracto de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) sobre las características fisicoquímicas, funcionales y sensoriales del yogurt

Expositor: Tony Gutierrez Mendoza
Bachiller en Ingeniería Agroindustrial

Expediente N° 2552621

Resolución Decanal N° 154-2025-UNSCH-FIQM/D

Fecha: 13-10-2025

En la Sala de Conferencia "Pedro Villena Hidalgo" de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, ubicada en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (H-121), siendo las diez de la mañana con cinco minutos del día jueves dieciséis de octubre del año dos mil veinticinco, se reunieron el Bachiller en Ingeniería Agroindustrial **Tony Gutierrez Mendoza**, los Docentes Miembros del Jurado de Sustentación Ingenieros: Dr. Alberto Luis HUAMANI HUAMANI, Mg. Jack Edson HERNANDEZ MAVILA (Miembros) y Dr. Saúl Ricardo CHUQUI DIESTRA (Miembro-Asesor), bajo la Presidencia del Mg. Hernan Pedro QUISPE MISAICO (Encargado la presidencia con Memorando N° 499-2025-UNSCH-FIQM/D), el Mg. Fredy Rober PARIONA ESCALANTE (Secretario-Docente).

Acto seguido, el Presidente (e) del Jurado de Sustentación dispuso que el Secretario Docente dé lectura a los antecedentes tramitados para el presente Acto Público de Sustentación de la Tesis: **Efecto de la adición de extracto de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) sobre las características fisicoquímicas, funcionales y sensoriales del yogurt**, presentado por el Bachiller **Tony Gutierrez Mendoza**. A continuación, el Secretario-Docente procedió a dar lectura a la Resolución Decanal N° 154-2025-UNSCH-FIQM/D.

Luego, el Presidente (e) del Jurado invitó al Bachiller **Tony Gutierrez Mendoza**, a pasar al estrado y exponer su trabajo de Tesis en un tiempo máximo de treinta y cinco minutos.

Finalizado la exposición del Bachiller, el presidente (e) invitó a los Señores Miembros del Jurado de Sustentación a que formulen sus preguntas y señalen sus observaciones, en el siguiente orden: Dr. Saúl Ricardo CHUQUI DIESTRA (Miembro-Asesor), Mg. Jack Edson HERNANDEZ MAVILA y Dr. Alberto Luis HUAMANI HUAMANI (Ausente) (Miembros).

A continuación, el presidente (e) del jurado invito al sustentante y al público para que se sirva abandonar la sala de conferencia con la finalidad de permitir al jurado de sustentación deliberar sobre la evaluación a otorgar. Se alcanzó el siguiente resultado. **APROBADO POR UNANIMIDAD PROMEDIO QUINCE (15)**.



UNSCH

FACULTAD DE INGENIERÍA
QUÍMICA Y
METALURGIA

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS:

(Reglamento de grados y títulos, aprobado con RCU N° 3403-2024-UNSCH-CU)

Efecto de la adición de extracto de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) sobre las características fisicoquímicas, funcionales y sensoriales del yogurt

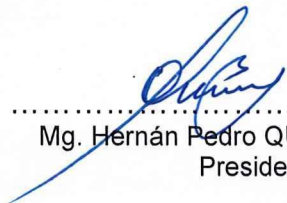
Expositor: Tony Gutierrez Mendoza
Bachiller en Ingeniería Agroindustrial

Expediente N° 2552621 Resolución Decanal N° 154-2025-UNSCH-FIQM/D


Fecha: 13-10-2025

Finalmente, el Presidente (e) del Jurado dispuso que se invite al Sustentante y al público asistente a que se sirvan ingresar a la sala de conferencias y anunció que, el Bachiller **Tony Gutierrez Mendoza**, ha resultado **APROBADO POR UNANIMIDAD**, y por lo tanto a partir de la fecha la Universidad y la Facultad cuenta con un flamante **INGENIERO AGROINDUSTRIAL** y le augura éxitos en su desempeño profesional.

Siendo las once de la mañana con cincuenta minutos se dio por finalizado este acto académico de Sustentación de Tesis. En fe de lo cual firmamos:


.....
Mg. Hernán Pedro QUISPE MISAICO
Presidente (e)


.....
Mg. Jack Edson HERNANDEZ MAVILA
Miembro


.....
Dr. Saúl Ricardo CHUQUI DIESTRA
Miembro-Asesor


.....
Mg. Fredy Rober PARIONA ESCALANTE
(Secretario Docente)

FACULTAD DE INGENIERÍA
QUÍMICA Y METALURGIA
Av. Independencia s/n
Ciudad Universitaria



UNSCH

FACULTAD DE
**INGENIERIA QUÍMICA
Y METALURGIA**

ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

La Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, emite la siguiente:

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

Que, el egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial ha remitido, con el aval y por intermedio de su asesor de la Tesis Dr. Saul Ricardo CHUQUI DIESTRA, se procedió a la evaluación de originalidad del archivo adjunto con el TURNITIN - UNSCH, **de acuerdo a los criterios establecidos en el Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación de la UNSCH, aprobado con Resolución del Consejo Universitario N° 039-2021-UNSCH-CU**; cuyos resultados son:

Tesis Efecto de la adición de extracto de tarwi (*Lupinus mutabilis Sweet*) sobre las características fisicoquímicas, funcionales y sensoriales del yogurt

Nombre y Apellido : Bach. Tony Gutierrez Mendoza
Identificador de entrega : 2834429825
Fecha : 03-dic-2025 11:37a. m. (UTC-0500)
Archivo : Tesis_Final_Tony_Gutierrez_EPIA.pdf (3.5M)

Se expide la presente constancia de originalidad, con reporte del 26% de ÍNDICE DE SIMILITUD realizado con Depósito de trabajos estándar, a fin de proseguir con los trámites pertinentes; cabe señalar que los documentos del procedimiento se archivan en el repositorio documental de la Escuela.

Ayacucho, 3 de diciembre del 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL
DE HUAMANGA
E.P. INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

Ing. Percy Fermín Velásquez Coosi
DIRECTOR

C.c.
Const. N°011-2025
Archivo

ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERIA AGROINDUSTRIAL
Av. Independencia S/N - Ayacucho
Telf. 066-303496
Correo: ep.agroindustrial@unsch.edu.pe

Efecto de la adición de extracto de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) sobre las características fisicoquímicas, funcionales y sensoriales del yogurt

por Tony Gutierrez Mendoza

Fecha de entrega: 03-dic-2025 11:37a. m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2834429825

Nombre del archivo: Tesis_Final_Tony_Gutierrez_EPIA.pdf (3.5M)

Total de palabras: 21404

Total de caracteres: 111138

Efecto de la adición de extracto de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) sobre las características fisicoquímicas, funcionales y sensoriales del yogurt

INFORME DE ORIGINALIDAD

26%

INDICE DE SIMILITUD

26%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

19%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	16%
2	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
4	revistas.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	uvadoc.uva.es Fuente de Internet	1%
8	erp.untumbes.edu.pe Fuente de Internet	<1%

9	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
10	www.revistas.unitru.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
11	dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
12	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Trabajo del estudiante	<1 %
13	es.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
14	idoc.pub Fuente de Internet	<1 %
15	patents.google.com Fuente de Internet	<1 %
16	repositorio.unach.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

< 30 words

Excluir bibliografía

Activo