



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
DIRECCIÓN DE POSGRADO

MAESTRÍA EN AGROINDUSTRIAS MENCIÓN EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

MODALIDAD: INFORME DE INVESTIGACIÓN

Título:

Elaboración de tres análogos veganos de queso fresco a partir de arveja (*Pisum sativum*), haba (*Vicia faba*) y frejol (*Phaseolus vulgaris*) enriquecido con chocho (*Lupinus mutabilis*)

Trabajo previo a la obtención del título de Magister en Agroindustria mención Tecnología de Alimentos

Autor

Jaramillo Narváez Elisa Nicole

Director

Villacrés Poveda Clara Elena, PhD

LATACUNGA-ECUADOR

2022

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación “Elaboración de tres análogos veganos de queso fresco a partir de arveja (*Pisum sativum*), haba (*Vicia faba*) y frejol (*Phaseolus vulgaris*) enriquecido con chocho (*Lupinus mutabilis*)” presentado por Jaramillo Narváez Elisa Nicole, para optar por el título magíster en agroindustria mención tecnología de alimentos.

CERTIFICO

Que dicho trabajo de investigación ha sido revisado en todas sus partes y se considera de que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación para la valoración por parte del Tribunal de Lectores que se designe y su exposición y defensa pública.

Latacunga, octubre, 12, 2022

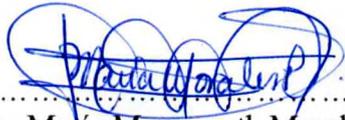


.....
PhD. Clara Elena Villacrés Poveda
CC.: 1801504422

APROBACIÓN TRIBUNAL

El trabajo de Titulación: Elaboración de tres análogos veganos de queso fresco a partir de arveja (*Pisum sativum*), haba (*Vicia faba*) y frejol (*Phaseolus vulgaris*) enriquecido con chocho (*Lupinus mutabilis*), ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, previo a la obtención del título de Magister en Agroindustria Mención Tecnología de Alimentos; el presente trabajo reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la exposición y defensa.

Latacunga, octubre, 12, 2022.



.....
Mg. Maria Monserrath Morales Padilla
1803691144
Presidente del tribunal



.....
Mg. Gabriela Beatriz Arias Palma
1714592746
Lector 2



.....
Mg. Renato Agustín Romero Corral
1717122483
Lector 3

DEDICATORIA

A mi mami Lore y a mi papi James por todo su amor, entrega y apoyo incondicional. Todo lo que soy se los debo a ustedes, son mi pilar y mayor orgullo. A mi hermana Emy por acompañarme toda mi vida, por apoyarme y ayudarme siempre. A mi novio Jaime, por sostenerme, por tu paciencia, por todo tu amor, ser mi complemento y crecer junto a mí.

Elisa Jaramillo

AGRADECIMIENTO

Al instituto nacional de investigaciones agropecuarias (INIAP) Santa Catalina, en especial a la Doctora Elena Villacrés por toda su guía y acompañamiento en la elaboración de esta investigación.

Elisa Nicole Jaramillo Narváez

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Quien suscribe, declara que asume la autoría de los contenidos y los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Titulación.

Latacunga, octubre, 12, 2022.

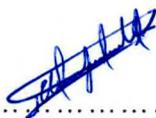


.....
Ing. Elisa Nicole Jaramillo Narváz
1718584509

RENUNCIA DE DERECHOS

Quien suscribe, cede los derechos de autoría intelectual total y/o parcial del presente trabajo de titulación a la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Latacunga, octubre, 12, 2022.

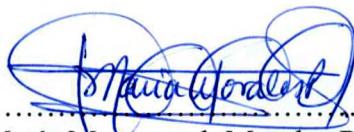


.....
Ing. Elisa Nicole Jaramillo Narváz
1718584509

AVAL DEL PRESIDENTE

Quien suscribe, declara que el presente Trabajo de Titulación: Elaboración de tres análogos veganos de queso fresco a partir de arveja (*Pisum sativum*), haba (*Vicia faba*) y frejol (*Phaseolus vulgaris*) enriquecido con chocho (*Lupinus mutabilis*) contiene las correcciones a las observaciones realizadas por los miembros del tribunal en la predefensa.

Latacunga, octubre, 12, 2022.



.....
Mg. María Monserrath Morales Padilla
1803691144

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
DIRECCIÓN DE POSGRADO

**MAESTRÍA EN AGROINDUSTRIA CON MENCIÓN EN TECNOLOGÍA
DE ALIMENTOS**

Título: Elaboración de tres análogos veganos de queso fresco a partir de arveja (*Pisum sativum*), haba (*Vicia faba*) y frejol (*Phaseolus vulgaris*) enriquecido con chocho (*Lupinus mutabilis*)

Autor: Jaramillo Narváez Elisa Nicole
Tutor: Villacrés Poveda Clara Elena PhD.

RESUMEN

El presente trabajo tiene por objeto elaborar y caracterizar tres productos veganos análogos del queso fresco a partir de la arveja (*Pisum sativum*), haba (*Vicia faba*) y frejol (*Phaseolus vulgaris*) enriquecido con chocho (*Lupinus mutabilis*). Mediante pruebas previas se determinó que la formulación apropiada resultó la mezcla de granos molidos de arveja, haba, frejol con leche de chocho, enriquecido con aislado proteico de este grano, aceite vegetal y especias. Los tratamientos que presentaron el mayor contenido de proteína fueron el 12 (Fréjol blanco; aislado proteico 1,6%; 85 °C) y 11 (Fréjol blanco; aislado proteico 1,6%; 75 °C) con un promedio de 41,45 y 39,30% respectivamente. En cuanto al contenido de fibra los tratamientos 2 (Arveja amarilla; aislado proteico 0%; 85 °C) y 6 (Arveja amarilla; aislado proteico 1,6%; 85 °C) presentaron el contenido más elevado con valores del 6,90 y del 6,70% respectivamente. En la textura instrumental, se determinó diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, el tratamiento 12 (Fréjol blanco; aislado proteico 1,6%; 85 °C) presentó el mayor valor (10,81); mientras que el tratamiento 13 (Haba; aislado proteico 0%; 75 °C) presentó el valor más bajo (2,39). En el análisis organoléptico, se determinó que la muestra T18 (haba, aislado proteico 1,6%, 85°C) alcanzó la mayor calificación en el atributo “olor”, mientras que el tratamiento T6 (arveja, aislado proteico 1,6%, 85°C) obtuvo la mayor calificación en la aceptabilidad general.

PALABRAS CLAVE: Arveja; frejol; haba; chocho; vegano; aislado proteico.

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
DIRECCIÓN DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN AGROINDUSTRIA CON MENCIÓN EN TECNOLOGÍA
DE ALIMENTOS**

Title: ELABORATION OF THREE VEGAN ANALOGS OF FRESH CHEESE FROM PEAS (*Pisum sativum*), BROAD BEANS (*Vicia faba*), AND BEANS (*Phaseolus vulgaris*) ENRICHED WITH ANDEAN LUPIN (*Lupinus mutabilis*)

Author: Jaramillo Narváez Elisa Nicole
Tutor: Villacrés Poveda Clara Elena PhD.

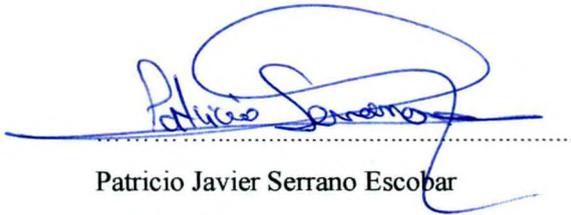
ABSTRACT

The purpose of this current work is to prepare three vegan products analogous of fresh cheese from peas (*Pisum sativum*), broad beans (*Vicia faba*), and beans (*Phaseolus vulgaris*) enriched with Andean lupin (*Lupinus mutabilis*). Through previous tests, it was determined that the appropriate formulation was the mixture of ground pea grains, broad beans, beans, Andean lupin protein isolate, vegetable oil, and spices. The treatments that presented the highest protein content were No. 12 (beans; protein isolate 1.6%; 85 °C) and No. 11 (beans; protein isolate 1.6%; 75 °C) with an average of 41, 45, and 39.30% respectively. Regarding fiber content, treatments No. 2 (pea; protein isolate 0%; 85 °C) and No. 6 (pea; protein isolate 1.6%; 85 °C) presented the highest content with values of 6.90 and 6.70% respectively. In the treatments, significant differences in adhesiveness were determined; treatment No.12 (bean; protein isolate 1.6%; 85 °C) presented the highest value (10.81); while treatment No. 13 (broad bean; protein isolate 0%; 75 °C) presented the lowest value (2.39). In the organoleptic analysis, it was determined that sample T18 (broad bean, protein isolate 1.6%, 85 °C) had the highest rating in terms of odor and sample T6 (pea, protein isolate 1.6%, 85 °C) had the highest rating of overall acceptability.

KEY WORDS: Pea; bean; broad bean; Andean lupin; vegan; protein isolate.

Patricio Javier Serrano Escobar con cédula de identidad número: 1707257083 Master of Arts in TESOL y Traductor Profesional Certificado en el idioma inglés < > español en los Estados Unidos, con Número de Registro de la SENESCYT: SETEC_MDT-3104-CCL-252641; **CERTIFICO** haber revisado y aprobado la traducción al idioma inglés del resumen del trabajo de investigación con el título: Elaboración de tres análogos veganos de queso fresco a partir de arveja (*Pisum sativum*), haba (*Vicia faba*) y frejol (*Phaseolus vulgaris*) enriquecido con chocho (*Lupinus mutabilis*) de: Elisa Nicole Jaramillo Narváez, aspirante a magister en agroindustria con mención en tecnología de alimentos.

Quito, septiembre, 30, 2022



Patricio Serrano

Patricio Javier Serrano Escobar
C.C. 1707257083



ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Justificación:.....	1
1.2. Planteamiento del problema:	2
1.3. Hipótesis:.....	2
1.4. Objetivos de la investigación	3
1.4.1. Objetivo General:.....	3
1.4.2. Objetivos Específicos:	3
CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	4
2.1. Antecedentes	4
2.1.1. Productos veganos	4
2.1.2. El chocho (<i>Lupinus mutabilis</i>).....	5
2.1.3. La arveja (<i>Pisum sativum</i>)	5
2.1.4. El haba (<i>Vicia faba</i>)	6
2.1.5. El Frejol (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	6
2.1.6. Las proteínas vegetales	7
2.2. Fundamentación epistemológica	8
2.2.1. Productos veganos	9
2.2.2. Consumo de proteína vegetal.....	10
2.3. Fundamentación del estado del arte	11
CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS	16
3.1 Caracterización físico química de la materia prima empleada en el estudio	18
3.1.1. Caracterización de los granos de arveja, frejol y haba	18
3.1.2. Obtención y caracterización del aislado proteico de chocho	21
3.1.3. Obtención y caracterización de la leche de chocho	22

3.2. Elaboración de los análogos veganos de queso fresco, a partir de arveja, haba y fréjol, enriquecido con chocho.....	23
3.2.1. Caracterización físico-química de los productos veganos	24
CAPÍTULO VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
4.1. Resultados y discusión	27
4.1.1. Caracterización físico-química de los granos de arveja, fréjol y haba, en estado crudo.	27
4.1.2. Caracterización físico-química del aislado proteico de chocho.....	31
4.1.3. Caracterización físico-química de la leche de chocho.....	32
4.1.4. Caracterización físico-química de los análogos veganos de queso fresco	33
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	42
CONCLUSIONES.....	42
RECOMENDACIONES	43
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	43
ANEXOS	50
Anexo 1. Metodología empleada en la investigación.....	50
1.1 Contenido de grasa.....	50
1.2. Contenido de proteína.....	50
1.3. Contenido de fibra	51
1.4. Contenido de ceniza.....	51
1.5. Contenido de humedad	52
1.6. Almidón total	52
1.7. Contenido de amilosa.....	53
1.8. Propiedades funcionales del almidón	53
1.9. Solidos totales	54
Anexo 2. Análisis de varianza \pm desviación estándar de la investigación	55

2.1. Análisis proximal \pm desviación de los granos de frejol, haba y arveja...	55
2.2. Análisis de varianza \pm desviación estándar del contenido de almidón, amilosa y propiedades funcionales del almidón de los granos de haba, frejol y arveja.....	56
2.3. Análisis de varianza \pm desviación estándar de la caracterización físico-química de los análogos veganos de queso fresco.....	57
2.4. Análisis de varianza \pm desviación estándar del perfil de textura de los análogos veganos de queso fresco.....	58
2.5. Aceptabilidad sensorial \pm desviación estándar del análisis proximal de los tratamientos seleccionados para la elaboración de análogos veganos de queso fresco, a partir de arveja, fréjol y haba.....	59
Anexo 3. Escala hedónica utilizada durante el análisis organoléptico.....	60
Anexo 4. Certificado antiplagio	61
Anexo 5. Fotografías tomadas durante la investigación.....	62
Fotografía 2: Muestras dentro de hexano.....	62
Fotografía 1: Muestras dentro de biodigestor.....	62
Fotografía 4: Muestras agitándose para análisis.....	62
Fotografía 3: Muestras dentro de mufla.....	62
Fotografía 5: Muestras con indicador de yodo.....	62
Fotografía 6: Muestras para análisis de fibra.....	62
Fotografía 7: Muestras para análisis de almidón.....	63
Fotografía 8: Leche de chocho en viscosímetro.....	63
Fotografía 9: Leche de chocho en picnómetro.....	63
Fotografía 10: Sólidos totales leche de chocho	63
Fotografía 12: Muestra de proteína destilándose.....	63
Fotografía 11: Leche de chocho.....	63
Fotografía 14: Muestra de proteína.....	64

Fotografía 13: Muestra de fibra filtrándose.	64
Fotografía 15: Muestras dentro de estufa.	64
Fotografía 16: Muestras de ceniza.	64
Fotografía 18: Análisis de textura.....	64
Fotografía 17: Actividad de agua.....	64
Fotografía 20: Análogo vegano de frejol.....	65
Fotografía 19: Análogo vegano de arveja.....	65
Fotografía 22: Análisis organoléptico.....	65
Fotografía 21: Análogo vegano de haba.	65

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Tabla 1: Ubicación y características del sitio experimental para evaluar las características físico-químicas de los granos y los tratamientos para la obtención de análogos veganos, tipo queso fresco	16
Tabla 2. Factores en estudio para la obtención de análogos del queso fresco, a partir de granos de arveja, haba y frejol, enriquecido con chocho.....	17
Tabla 3. Tratamientos para la obtención de análogos del queso fresco, a partir de granos de arveja, haba y frejol, enriquecido con chocho.	17
Tabla 4. Composición proximal de los granos de haba, frejol y arveja.	29
Tabla 5. Contenido de almidón, amilosa y propiedades funcionales del almidón de los granos de haba, frejol y arveja.....	30
Tabla 6. Composición proximal de la leche de chocho (% BS).....	32
Tabla 7. Densidad, viscosidad y solidos totales de la leche de chocho, tipo leche vegetal.	33
Tabla 8. Contenido promedio de grasa, proteína y fibra de los tratamientos, para la obtención de análogos veganos del queso fresco, a partir de arveja, haba y frejol, enriquecido con chocho (BS).	33
Tabla 9. Contenido de cenizas, carbohidratos y humedad de los tratamientos, para la elaboración de análogos veganos de queso fresco, a partir de arveja, fréjol y haba (% BS).	35

Tabla 10. Actividad de agua de los tratamientos para la elaboración de análogos veganos de queso fresco, a partir de arveja, fréjol y haba.....	37
Tabla 11. Dureza, fracturabilidad y adhesividad de los tratamientos para la elaboración de análogos veganos de queso fresco, a partir de arveja, fréjol y haba	38
Tabla 12. Elasticidad, cohesividad, gomosidad y masticabilidad de los tratamientos para la elaboración de análogos veganos de queso fresco, a partir de arveja, fréjol y haba.....	39
Tabla 13. Aceptabilidad sensorial de los tratamientos seleccionados para la elaboración de análogos veganos de queso fresco, a partir de arveja, fréjol y haba.	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de los productos análogos de queso fresco.....	24
Figura 2. Aceptabilidad global de las formulaciones seleccionadas para la elaboración de análogos veganos de queso fresco, a partir de arveja, haba y frejol.	41

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

El trabajo “Elaboración de tres análogos veganos de queso fresco a partir de arveja (*Pisum sativum*), haba (*Vicia faba*) y frejol (*Phaseolus vulgaris*) enriquecido con chocho (*Lupinus mutabilis*)” es una investigación experimental enmarcada en la línea de investigación: desarrollo y seguridad alimentaria y procesos industriales, cuyo propósito fue buscar las matrices alimentarias y un método apropiado para elaborar un producto rico en proteínas, empleando ingredientes de alto valor nutritivo que se encuentran disponibles durante todo el año y son de consumo cotidiano. A su vez el trabajo se encuentra dentro de la sub-línea de investigación investigación-innovación y emprendimiento, en la cual se busca el desarrollo de nuevos productos y mínimamente procesados, modelación, intensificación y reconversión de industrias, etc. como lo es el caso de los productos análogos veganos de queso fresco los cuales son relativamente nuevos en el mercado y ofrecen una alternativa para las personas intolerantes a la lactosa, con dislipidemia, restricción en el consumo de grasas saturadas o que deseen fomentar una dieta saludable.

1.1. Justificación:

En la industria alimenticia es común el uso de leguminosas, tanto por sus bajos costos como su elevado contenido proteico, por lo que es un alimento básico en poblaciones de bajos recursos y una importante materia prima, ya que se pueden usar como extensores cárnicos o en la elaboración de productos sustitutos a los de origen animal (Morales et al., 2012). En la actualidad el consumo de productos veganos se encuentra en auge, por adaptarse a las necesidades del consumidor y ser productos aptos para personas intolerantes a la lactosa, dislipidemia además de ser más amigables con el medio ambiente (Tkaczewska et al., 2022).

Como fortificante del queso vegano, se utilizó proteína aislada de chocho, ya que en este grano más de la mitad de su peso seco se encuentra constituido por proteína y grasa (40-50% y 14-24% respectivamente), componentes que desempeñan un rol importante para alcanzar un producto tipo queso, de elevado valor nutricional (Cárdenas et al., 2019). La investigación en la generación de nuevos productos proteicos luce promisorio debido a las numerosas alternativas de leguminosas, procesos extractivos y de modificación de las propiedades fisicoquímicas y funcionales, (Grasso et al., 2021). De acuerdo con Kamath et al. (2022) el sector de productos análogos de lácteos se ha expandido en un 12,5% y ha alcanzado un mercado mundial de 52,58 mil millones de dólares.

1.2. Planteamiento del problema:

Los productos de origen animal causan un mayor impacto ambiental debido a que se necesita mayores áreas de cultivo, cantidades de agua y son responsables de la emisión del 20-30% de gases de efecto invernadero, las dietas que reducen el consumo de carne y aumentan el consumo de vegetales son más sustentables y prestan mayores beneficios a la salud, teniendo en cuenta que se debe mantener un equilibrio, (Grasso et al., 2021). Por otro lado se debe considerar que el consumo en exceso de productos de origen animal en la dieta aumenta la susceptibilidad a contraer enfermedades coronarias, incrementa el riesgo de sufrir cáncer de colon, incremento del colesterol en la sangre, etc.(Mariotti, 2017). Por lo que se busca producir productos alternativos a los de origen animal, que aporten mayor variedad a nuestra dieta, sean de menor costo, más sanos y posean un alto valor nutricional (Morales et al., 2012).

1.3. Hipótesis:

H₁: Las leguminosas seleccionadas con inclusión de leche y proteína aislada de chocho, permiten obtener análogos veganos del queso, con un buen aporte nutricional y propiedades organolépticas.

H₀: Las leguminosas seleccionadas con inclusión de leche y proteína aislada de chocho, no permiten obtener análogos veganos del queso, con un buen aporte nutricional y propiedades organolépticas.

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo General:

Elaborar y caracterizar tres análogos veganos de queso fresco a partir de arveja (*Pisum sativum*), haba (*Vicia faba*) y frejol (*Phaseolus vulgaris*) enriquecido con chocho (*Lupinus mutabilis*).

1.4.2. Objetivos Específicos:

- Determinar las características físico-químicas de los granos (arveja, frejol, haba) en estado crudo.
- Determinar las características físico-químicas y rendimiento de la leche y el aislado proteico a base de chocho.
- Establecer las formulaciones y el proceso apropiado para la obtención de los análogos veganos de queso fresco elaborados a partir de granos de haba, frejol y arveja.
- Evaluar las características físico-químicas de las diferentes formulaciones del producto.
- Analizar el nivel de aceptabilidad sensorial de los análogos veganos de queso fresco.

CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. Antecedentes

2.1.1. Productos veganos

De acuerdo con Noguerol et al. (2021) en su estudio “¿Verde o limpio? Percepción de productos de origen vegetal de etiqueta limpia por parte de consumidores omnívoros, veganos, vegetarianos y flexitarianos” se analiza la tendencia en crecimiento del consumo de productos veganos y sostenibles ya que las dietas con un consumo más reducido en productos de origen animal ha ganado popularidad entre la población ya que hoy en día se presta más atención a la calidad y a la salud que pueden aportar los alimentos que consumimos, por otro lado existe una mayor preocupación con relación al bienestar animal y a la sostenibilidad, por lo que se perciben a los productos de origen vegetal como una alternativa para dirigirse a una dieta más saludable y sustentable.

Dentro de los productos veganos se encuentran los análogos del queso, los cuales son aquellos en los que la proteína de la leche o la grasa de la leche ha sido reemplazado por otro compuesto vegetal, se fabrican mediante la mezcla de proteínas o grasas vegetales las cuales se procesan para formar una mezcla suave y homogénea la cual será sometida al calor (Cunha et al., 2010). El aislamiento de la proteína es un procedimiento en el cual se busca elevar el contenido de la misma por medio de la solubilización alcalina y precipitación iso-eléctrica con el fin de obtener un ingrediente de alto valor nutricional o de gran funcionalidad (Ulloa et al., 2012).

Las leguminosas representan un alimento rico en proteína y nutrientes que, al ser consumido como un reemplazo de productos de origen animal, tal como la carne o

productos lácteos, representan un respiro para las tierras de cultivo y a la emisión de gases de efecto invernadero. En el estudio realizado por Cusworth y colaboradores en el 2021 se habla acerca de la importancia del consumo de legumbres y como estas tienen una gran variedad de aplicaciones en la industria alimentaria por sus cualidades nutricionales, sobre todo por su alto contenido de proteína y su bajo costo lo que crea la posibilidad de tener dietas más sustentables y nutritivas, además que los consumidores están más abiertos a obtener productos basados en plantas que a otras alternativas novedosas como son los insectos.

2.1.2. El chocho (*Lupinus mutabilis*)

El chocho (*Lupinus mutabilis*) cultivo andino cuyos frutos son vainas alargadas que contienen de cinco a ocho granos ovalados con gran variedad de colores, el tallo es semileñoso, sus hojas son compuestas por al menos cinco folíolos, la raíz es pivotante con nudos nitrificantes, las flores están formadas por cinco pétalos y su polinización es cruzada. Las plantas pueden medir entre 0,5 y 2,80 metros dependiendo de la variedad (Villacrés et al., 2006).

El desarrollo radicular de la planta va a depender de las características del suelo, del nivel de fertilización, puede alcanzar los dos metros de profundidad y llegar a una producción de 50 gramos de nódulos. El color del tallo varía de acuerdo al contenido de tejido leñoso y si el contenido de antocianinas es alto el color tradicional será cubierto por un tono rojizo o azulado (Ninaquispe, 2014). Por su contenido nutricional son granos altamente consumidos en las zonas rurales y con el paso del tiempo su consumo se ha extendido a las zonas urbanas siendo la proteína vegetal más abundante y su contenido nutricional desamargado de acuerdo con Cárdenas et al. (2019) es de: proteína 50,05%; grasa 21,22%; fibra 10,37%, humedad 77,05%; almidón total 2,88%; magnesio 0,07%; calcio 0,48%, fósforo 0,43% y hierro 74,25 ppm

2.1.3. La arveja (*Pisum sativum*)

La arveja es una planta cuyo fruto es una vaina que contiene de cinco a diez granos que miden entre 5 a 8 milímetros de diámetro, los colores del grano pueden variar de acuerdo con la variedad. Presenta hojas alternas de tipo paripinnada con tres pares de folíolos que terminan en un zarcillo, suelen tener

una o dos flores por axila que pueden ser blancas, moradas o azuladas. Es una planta trepadora de suma importancia pues al año se producen alrededor de 1,5 millones de granos secos (D'Ambrosio et al., 2018). Las leguminosas tales como la arveja se caracterizan por tener un contenido de grasa bajo y en países tropicales se considera como el segundo recurso de proteína después de los cereales y por esa razón es una opción versátil y nutritiva. De acuerdo con Peralta et al. (1997) la arveja de variedad Roxana posee un contenido de proteína del 24%; de fibra del 8,6%; de ceniza del 2,7%; grasa del 1,40 y 63% de carbohidratos.

2.1.4. El haba (*Vicia faba*)

El haba es una planta cuyo fruto es una vaina de color verde al estar tierna, carnosa con semillas que se encuentran dispuestas en forma lineal. El tamaño de las vainas varia de entre 5 a 30 cm dependiendo de la variedad. Las semillas son de forma ovalada y sus colores se pueden encontrar en tonalidades rojizas, moradas, verdes, negras, blanco, pardo e incluso de dos colores; de igual manera el tamaño de estas puede ser variable encontrándose desde los 1,6 cm hasta los 3,5 cm (Peralta et al., 1994). Es una planta de tipo anual cuyo follaje es abundante y su tamaño es variable. Por su contenido nutricional es un alimento de importancia en la alimentación humana, siendo este de aproximadamente: 24,8% de proteína en base seca; 2,3% de grasa; 6,2% de fibra; 3,5% de ceniza y 69,5% de carbohidratos (Ferro Horque, 2004)

2.1.5. El Frejol (*Phaseolus vulgaris*)

El fréjol es una planta anual, posee un sistema radical bien desarrollado y es de crecimiento rápido, su fruto es una vaina de diferentes tamaños dependiendo de la variedad, contiene semillas en su interior cuyos colores pueden ser de color blanco, rojo, crema, negro, amarillo, etc. el tamaño y la forma de estas también es variado de acuerdo con la variedad a la que pertenezca y pueden ser esféricas, arriñoadas, elípticas y ovaladas, es un alimento que posee un elevado contenido de proteína y de bajo costo, razón por la que es altamente consumido en América Latina (De Simone & Failde, 2002). El alimentarse con frejol en estado tierno genera un aporte valioso en la alimentación de zonas urbanas y rurales, teniendo un contenido nutricional aproximadamente de: el 25% de proteína; 10-14% de

fibra; de 1,5-3,2 % de grasa, del 3-5% de cenizas, 0,21% de calcio, 0,58% de fósforo (Murillo et al., 2004).

2.1.6. Las proteínas vegetales

Las proteínas vegetales son ingredientes funcionales con diversas aplicaciones en la industria alimenticia ya que pueden usarse como espesantes, emulsificantes, estabilizadores e incluso cumplen funciones antioxidantes y antimicrobianas. Pueden tener limitaciones en sus aplicaciones por la presencia de sabores indeseables sin embargo se los puede enmascarar fácilmente, la mayor limitante de las proteínas vegetales es que son menos aprovechables que las de origen animal (Nikbakht et al., 2021)

El menor aprovechamiento anabólico de las proteínas vegetales se debe a por poseer un menor contenido de aminoácidos es menos digestible y se dirigen a la oxidación en lugar de aprovecharse para la síntesis de proteínas pero se puede pensar en la posibilidad de mejorar el contenido de aminoácidos para compensar el bajo potencial anabólico y las investigaciones cada vez incluyen más fórmulas de estudio para incrementar el consumo de proteínas de origen vegetal que ofrecen múltiples beneficios a la salud y al ambiente (Berrazaga et al., 2019).

Los aislados proteicos se caracterizan por contener al menos el 90% de proteína de la materia prima aislada. Si es que la materia prima contiene menos del 90% de proteína, el proceso de aislamiento ayuda a concentrar y purificar su contenido de proteína hasta lograr el valor anteriormente mencionado. El uso y aplicación que tendrán estos aislados dependerá de su calidad por lo que se deberá evaluar las características nutricionales y funcionales para determinar las aplicaciones en las que se podrá usar el producto obtenido (Ulloa et al., 2012).

El uso de aislados proteicos vegetales en formulaciones alimenticias ha incrementado debido a que son una alternativa más sustentable y mucho más económica que las proteínas de origen animal sin embargo al no existir gran cantidad de estudios con respecto al tema existe un desconocimiento de qué proteínas vegetales escoger al momento de decidirse por una dieta más equilibrada. Al momento de usar aislados proteicos vegetales se debe considerar sus propiedades ya que estas influirán en la elaboración de los alimentos, su

almacenamiento y su calidad. Dichas propiedades son: la solubilidad proteica que es un indicador del grado de desnaturalización y precipitación; la capacidad de formación de espuma ya que se relaciona con la solubilidad de las proteínas en el agua y la emulsificación en productos como salsas (Morales et al., 2012)

2.2. Fundamentación epistemológica

El consumo de productos veganos y vegetarianos ha aumentado considerablemente en los últimos años, debido a una mayor tendencia ambientalista, dietas que incluyen estos productos suelen ser ricas en fibra, fitoquímicos, magnesio, antioxidantes y además traen beneficios como la prevención de enfermedades crónicas, pero es importante considerar que se debe mantener un equilibrio entre el consumo de productos de origen animal y vegetal (Rojas Allende et al., 2017).

La proteína es un macronutriente cuyo consumo es esencial durante toda la vida y la fuente de estas proteínas afecta a la absorción de otros macro y micronutrientes, jugando un papel en la prevención de enfermedades cardiovasculares, razón por la que las personas que consumen altas cantidades de proteína de origen animal son vulnerables a la patología antes mencionada. El implementar en la dieta el consumo de proteína vegetal ayuda disminuir este riesgo, ya que al consumir alimentos como nueces o legumbres, además de la proteína se está consumiendo nutrientes como la fibra, antioxidantes, grasas insaturadas, etc. los cuales tienen beneficios como ayudar a incrementar la masa muscular, disminuir el contenido de azúcar en la sangre y mejorar el tránsito intestinal por su alto contenido de fibra (Sokolowski et al., 2020).

El reducir el consumo de productos de origen animal tiene efectos positivos en la reducción del impacto ambiental y la seguridad alimentaria ya que el 14,5% de los gases de efecto invernadero provienen de la actividad ganadera, de igual manera se utilizan grandes extensiones de terreno con el propósito de disponer potreros para la alimentación de los animales, representado el 80% de las tierras las cuales son destinadas para esta actividad y podrían ser transformadas en tierras de cultivo para vegetales útiles para la alimentación humana contribuyendo también

a disminuir las prácticas de monocultivos y a favorecer la fijación de nitrógeno en el suelo. (Lemken et al., 2019)

Con el mayor apareamiento de evidencia científica que muestra que el consumo de productos de origen animal no es sustentable, ni será capaz de alimentar a la población que se encuentra en constante crecimiento, se ha incrementado la preferencia en productos basados en plantas, que puedan reemplazar a la carne convencional, como lo es el tofu o el seitán. Pero a su vez también se ha evidenciado el incremento de la tendencia en el consumo de productos que reemplacen a la leche prefiriendo productos como las bebidas vegetales a base de almendras, soya, arroz, etc. y de igual manera está sucediendo con los derivados de la leche, como son el yogurt y el queso dando pie a la industria alimentaria de desarrollar nuevos productos que actúen como alternativas vegetales a los antes mencionados (Mattice & Marangoni, 2020).

2.2.1. Productos veganos

El queso es un producto que se genera a partir de la coagulación de la caseína, la cual es la proteína de la leche, sin embargo, los productos análogos del queso son aquellos en los que se reemplaza parcial o completamente la leche, la grasa o la proteína a cambio de la incorporación de otro ingrediente o aditivo. Estos productos se pueden clasificar tomando en cuenta su formulación, agrupándose en lácteos o no lácteos. Los productos análogos no lácteos son aquellos que se encuentran elaborados a base de proteína, almidones o grasas vegetales provenientes de materias primas como el maíz, la soya, entre otros (Kamath et al., 2022).

Los productos vegetales análogos del queso a diferencia del queso convencional se generan a partir del fraccionamiento de los tejidos, lo que da como resultado dispersiones coloidales en los que se encuentra gotas de grasa en una red de proteínas o polisacáridos (Grossmann & McClements, 2021). Cunha et al. (2010) mencionan que el queso convencional presenta una red formada por proteínas, la cual es uniforme y en esta se pueden encontrar partículas de grasa dispersas pero en el análogo vegetal del queso estas partículas de grasa se pueden observar en menor cantidad.

Para la fabricación de estos productos se mezclan varios granos que poseen grasas, proteínas y agua; los cuales producen una mezcla suave y homogénea, después de un proceso de trituración, la cual es posteriormente sometida al calor. Los análogos del queso poseen varias ventajas, como su contenido nutricional, la posibilidad de personalizar su composición de acuerdo a las funcionalidades que se requieran en el producto; las materias primas e ingredientes necesarios para su fabricación normalmente suelen ser económicos (Masotti et al., 2018).

2.2.2. Consumo de proteína vegetal

Las legumbres son un alimento de consumo común dentro de la dieta de muchas culturas, son de bajo costo y su cultivo no da lugar a la producción de gases de efecto invernadero en grandes cantidades, además de ayudar a la fijación de nitrógeno en el suelo, por lo que su consumo es sostenible. Este grupo de alimentos se caracteriza por su buen contenido de proteína, que los convierte en un potencial sustituto de los productos de origen animal o en un ingrediente importante en la formulación de productos vegetales (Semba et al., 2021).

La proteína presente en las legumbres posee propiedades tecnológicas importantes, las cuales se consideran en su uso dentro de la industria alimenticia y estas consisten en la gelificación, la capacidad de retención de agua, la hinchazón o propiedades antioxidantes; la formación de gel es una propiedad que consiste en el entrelazamiento de moléculas las cuales se unen con la ayuda de fuerzas de enlace y es una propiedad deseable en la elaboración de productos como flanes; por otro lado la capacidad de retención de agua es la capacidad de la proteína de mantener el contenido de agua en su estructura tridimensional y se relaciona con la capacidad de gelificación, por lo que una mayor capacidad de retención de agua se traduce en un gel débil (Mulla et al., 2022).

Las propiedades de gelificación son de gran importancia y es uno de los limitantes para utilizar ciertas leguminosas como ingrediente en la industria alimenticia, como es el caso del chocho, semilla que a pesar de poseer un elevado contenido nutricional no es muy empleada como ingrediente debido a que su proteína posee poca capacidad gelificación y pobre capacidad espesante, lo que se traduce en una

limitada capacidad de simular la dinámica de una proteína animal. (Al-Ali et al., 2021).

2.3. Fundamentación del estado del arte

Se han desarrollado diversas investigaciones con el propósito de obtener productos análogos a los lácteos tales como diferentes tipos de queso, siendo los primeros elaborados sustituyendo solo parcialmente la proteína o la grasa animal, tomando como ejemplo la investigación realizada en el 2010 por Cunha et al. Titulada “Evaluación de microestructura, textura, color y sensorial de un análogo de queso fundido para untar elaborado con grasa vegetal” la cual tuvo por objetivo analizar análogos de este queso elaborado a partir de la sustitución del 25% y 50% de la grasa láctea por grasa vegetal, los parámetros que se tomaron en cuenta en la investigación fueron la aceptación sensorial, micro estructura, el perfil físico-químico y de textura. Este trabajo señala que la sustitución de crema de la leche por grasa vegetal tiene un efecto significativo en todas las características analizadas, principalmente en la microestructura ya que el tamaño de los glóbulos de grasa presentes en el queso aumentó y por lo tanto se volvió irregular la distribución de la matriz proteica, sin embargo los productos análogos tuvieron una buena aceptación sensorial a pesar de no poseer un sabor similar al queso crema tradicional y en cuanto a características físicas como el color, cremosidad y la firmeza se demostró que el queso que contenía el 50% de grasa vegetal presentaba mejores características que el queso tradicional. Los autores concluyeron que es posible obtener un producto capaz de remplazar al queso tradicional.

En cuanto al uso de materias primas para la elaboración de productos análogos, los primeros intentos se realizaron con soya principalmente, tanto para la elaboración de sustitutos de la leche como para elaborar análogos de queso, como es el caso de la investigación realizada por Farahmandfar et al. (2011) “Efecto de la concentración de citrato trisódico y queso de soya sobre la capacidad de fusión del queso para pizza” en esta investigación se elaboró un producto análogo, a través de una mezcla de queso de soya y queso de leche de vaca, con la adición del citrato trisódico, con el propósito de obtener un queso para pizza y determinar el efecto de estas mezclas en las propiedades fisicoquímicas del producto

obtenido; los resultados de esta investigación mencionan que al mezclar el citrato trisódico y el queso de soya, se manifiestan las propiedades de lubricación, composición y derretimiento. Una mayor concentración del citrato trisódico se tradujo en un incremento del contenido de grasa del producto y una ligera disminución en el contenido de humedad y proteína. Por otro lado, al incrementar la proporción de queso de soya se observó que el contenido de grasa disminuye y la humedad del producto aumenta, además se redujeron las propiedades físicas del producto, tales como la superficie fundida, estirabilidad y elasticidad.

Con el paso de los años se han realizado más investigaciones en las que se ha considerado parámetros que pueden ser mejorados con el propósito de obtener análogos del queso de mejor calidad. En la investigación realizada por Jeewanthi & Paik (2018) “Modificaciones de las características nutricionales, estructurales y sensoriales de análogos de queso de soya no lácteos para mejorar sus atributos de calidad” se discute sobre características de calidad de quesos de soya y se menciona que estas se ven influenciadas por parámetros tales como la variedad de la soya, las condiciones de procesamiento de la leche, la temperatura de almacenamiento, etc. además se determinó que el sabor y la textura de estos productos son pobres en comparación de con los quesos tradicionales. Las investigaciones subsiguientes a ésta se orientaron a mejorar principalmente el sabor del queso de soya, a través del uso de especias, ya que, el sabor se consideraba desagradable. Otras investigaciones se enfocaron en la mejora de la apariencia con el uso de aditivos como los pigmentos, incluso se han desarrollado análogos de soya utilizando microorganismos como *Lactobacillus* spp. y *Bifidobacterium* spp, con el fin de obtener productos probióticos. La conclusión de esta revisión bibliográfica fue que los quesos de soya son alimentos de alto valor nutricional y al mejorar sus características mejorará la aceptación del consumidor.

En el 2018 Masotti et al. También realizaron una revisión bibliográfica titulada “Estado y desarrollo en formulaciones y funcionalidades de quesos análogos” la cual reporta un aumento en la producción de análogos del queso, motivada en el cambio en el estilo de vida de la población, la innovación en la versatilidad de los estilos de queso y en las aplicaciones del queso en la dieta o como un ingrediente;

lo que ha contribuido en el incremento de la demanda y crecimiento de esta industria en mayor medida que la industria de los quesos tradicionales. En esta revisión bibliográfica se llegó a la conclusión que los productos análogos del queso han cambiado su imagen de productos pobres elaborados con ingredientes de mala calidad, a productos altamente nutritivos, funcionales y con cualidades especiales como “bajos en grasa y sodio” adicionalmente el tema de mayor interés es el efecto de la selección de ingredientes y el procesamiento que permite incorporar propiedades nutricionales y funcionales sin descuidar las propiedades organolépticas necesarias para incrementar las ventas y el consumo de los mismos.

Con el crecimiento de la industria de productos veganos también se ha dado el apareamiento de nuevas materias primas para la elaboración de estos productos y esto se puede evidenciar en el estudio realizado por Mattice & Marangoni en el año 2020 llamado “Propiedades físicas de productos de queso de origen vegetal elaborados con zeína” en el cual se realizaron análogos de queso utilizando la proteína del maíz o “zeína”, en porcentajes del 0%, 10%, 20% y 30%. Posteriormente los autores analizaron la capacidad de estiramiento, textura, reología y contenido de humedad de estos productos llegando a la conclusión de que los quesos realizados con el 30% de zeína se comportaban similar a un queso cheddar ya que tenían la capacidad de derretirse y estirarse con el incremento de temperatura, y representan una alternativa prometedora más sustentable, económica y con las características requeridas por la gente vegana.

Varios autores señalan que los consumidores analizan y comparan estos productos análogos con los productos tradicionales ya existentes en el mercado. En el año 2021 Grasso et al. Realizaron el estudio “Composición y propiedades fisicoquímicas de productos comerciales tipo bloque a base de plantas como alternativas al queso” en el que se analizó la composición, estructura y las propiedades fisicoquímicas de cuatro productos comerciales a base de plantas como alternativas al queso de origen animal. Los autores trabajaron en varias opciones, variando las proporciones de queso 60%, agua, aceite de palma y coco, proteína de leche, sales emulsionantes, almidón de maíz, suero de leche, fosfato, ácido cítrico, annatto, vitaminas y agua. La opción vegetal A comprendió la

siguiente formulación: Agua, aceite de coco 21%, almidones, sal marina, aromas, extracto de oliva, colorantes; la opción vegetal B (Agua, aceite de coco 21%, fécula de papa modificada, fécula de maíz, fibra de avena sin gluten, fécula de maíz modificada, espesantes, sal, extracto de levadura, citrato tricálcico, aromas naturales, correctores de acidez, colorante), la opción vegetal C (Agua, almidón de papa modificado, aceite de coco 21%, crema de coco 8%, sal, glicerina vegetal, fosfato tricálcico, ácido acético, aroma natural, colorantes) y la opción vegetal D (Agua filtrada, almidón de yuca, aceite de coco, sabores naturales veganos, aislado de proteína de guisante, aceite de canola, extracto de raíz de achicoria, sal marina, goma xantana, ácido láctico vegano, fosfato tricálcico, almidón de guisante, proteína de papa, enzima vegana, azúcar de caña, annatto, crema de coco) las cuatro opciones vegetales se compararon con la opción procesada y con queso cheddar tradicional y se llegó a la conclusión de que los productos vegetales analizados poseen un contenido de proteínas inferior al queso tradicional, adicionalmente se observó que los quesos vegetales poseen una red discontinua de proteínas, sin embargo existen características que pueden ser comparables con las del queso tradicional como el estrés de fractura, la tensión de fractura y la elasticidad. En los casos mencionados, las propiedades físico químicas y de estructura de los productos vegetales fueron fuertemente influenciadas por la formulación, los autores recalcaron la necesidad de realizar más investigaciones con el propósito de comprender mejor esta influencia.

Con el propósito de entender de mejor manera como crear un producto análogo del queso con características similares a las del queso tradicional Grossmann & McClements (2021) realizaron la revisión bibliográfica “La ciencia de los alimentos de origen vegetal: enfoques para crear análogos de queso de origen vegetal nutritivos y sostenibles” en la que se busca brindar una descripción de ingredientes y métodos de procesamiento, empezando por una breve descripción de la técnica de procesamiento de proteínas vegetales mediante el fraccionamiento de los tejidos de la materia prima, la cual puede ser leguminosas o tubérculos y la red que se estabiliza mediante el uso de grasa, almidones o proteínas. El objetivo de esta revisión fue resumir la literatura existente de análogos de queso considerando la aceptación del consumidor. Los autores llegaron a la conclusión

que al integrar las características sensoriales en el desarrollo de análogos del queso se estimula al consumo de los mismos y se optimiza el desarrollo de estos productos.

En la actualidad se siguen desarrollando investigaciones que buscan opciones más sustentables que el queso tradicional. Kamath et al., (2022) presentaron el estudio “Tendencias recientes en el desarrollo de análogos de queso saludables y funcionales: una revisión” el cual tuvo como finalidad brindar una actualización acerca de las tendencias recientes en el desarrollo de análogos de queso, empezando por los análogos a base de suero, caseína, aceite vegetal como sustituto de la grasa láctea, polisacáridos como sustituto de grasas lácteas, y productos completamente vegetales. Los autores explicaron en qué consisten cada uno de estos productos y proporcionaron bibliografía relacionada con los mismos llegando a la conclusión de que con el paso de los años ha crecido el interés en el desarrollo de estos productos y se busca crear análogos con un nivel nutricional más atractivo a costos más bajos.

CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

Se trabajó con los siguientes granos: chocho (variedad Andino 450), arveja (variedad Roxana), haba (línea promisorio LH3) y frejol blanco (variedad blanco fanesquero) los cuales fueron proporcionados por el Programa de Leguminosas y Granos andinos del INIAP, en estado maduro y seco, por lo que, previo a su uso se hidrataron durante 12 horas. El desarrollo de los productos y los análisis se efectuaron en los laboratorios del Departamento de Nutrición y Calidad, EESC-INIAP. La ubicación geográfica de los sitios mencionados se describe en la tabla 1.

Tabla 1: Ubicación y características del sitio experimental para evaluar las características físico-químicas de los granos y los tratamientos para la obtención de análogos veganos, tipo queso fresco

UBICACIÓN	DESCRIPCIÓN ¹
Provincia	Pichincha
Cantón	Mejía
Parroquia	Cutuglahua
Altitud	3058 m.
Longitud	78°33' O
Latitud	00°22' S
Temperatura promedio/día	13.3°C
Temperatura máxima promedio/día	19.1°C
Temperatura mínima promedio/día	7.3°C
Humedad relativa promedio/día	76.4 %
Precipitación acumulada/anual	1477.3 mm/año

Fuente: Elaboración propia.

Modalidad o enfoque de la investigación: La investigación realizada corresponde a un enfoque mixto, es decir cuantitativo y cualitativo.

Diseño experimental: Los resultados se analizaron aplicando un diseño completamente al azar en arreglo trifactorial GxPxT. Los factores y sus respectivos niveles se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Factores en estudio para la obtención de análogos del queso fresco, a partir de granos de arveja, haba y frejol, enriquecido con chocho

Factores en estudio	Niveles de los factores	Descripción
Leguminosa	G ₁	Arveja amarilla
	G ₂	Fréjol blanco
	G ₃	Haba
Aislado proteico de chocho	P ₁	0%
	P ₂	0,8%
	P ₃	1,6%
Temperatura de calentamiento	T ₁	75°C
	T ₂	85°C

Fuente: Elaboración propia.

Los tratamientos se describen a continuación en la tabla 3

Tabla 3. Tratamientos para la obtención de análogos del queso fresco, a partir de granos de arveja, haba y frejol, enriquecido con chocho.

Tratamientos	Códigos	Descripción
T1	G ₁ P ₁ T ₁	Arveja amarilla; sin aislado proteico; 75°C
T2	G ₁ P ₁ T ₂	Arveja amarilla; sin aislado proteico; 85°C
T3	G ₁ P ₂ T ₁	Arveja amarilla; aislado proteico 0,8%; 75°C
T4	G ₁ P ₂ T ₂	Arveja amarilla; aislado proteico 0,8%; 85°C
T5	G ₁ P ₃ T ₁	Arveja amarilla; aislado proteico 1,6%; 75°C
T6	G ₁ P ₃ T ₂	Arveja amarilla; aislado proteico 1,6%; 85°C
T7	G ₂ P ₁ T ₁	Fréjol blanco; sin aislado proteico; 75°C
T8	G ₂ P ₁ T ₂	Fréjol blanco; sin aislado proteico; 85°C
T9	G ₂ P ₂ T ₁	Fréjol blanco; aislado proteico 0,8%; 75°C
T10	G ₂ P ₂ T ₂	Fréjol blanco; aislado proteico 0,8%; 85°C
T11	G ₂ P ₃ T ₁	Fréjol blanco; aislado proteico 1,6%; 75°C
T12	G ₂ P ₃ T ₂	Fréjol blanco; aislado proteico 1,6%; 85°C
T13	G ₃ P ₁ T ₁	Haba; sin aislado proteico; 75°C
T14	G ₃ P ₁ T ₂	Haba; sin aislado proteico; 85°C
T15	G ₃ P ₂ T ₁	Haba; aislado proteico 0,8%; 75°C
T16	G ₃ P ₂ T ₂	Haba; aislado proteico 0,8%; 85°C
T17	G ₃ P ₃ T ₁	Haba; aislado proteico 1,6%; 75°C
T18	G ₃ P ₃ T ₂	Haba; aislado proteico 1,6%; 85°C

Fuente: Elaboración propia.

Los datos se procesaron en el software infostat y se aplicó la prueba de medias de Tukey al 5%. El experimento constó de tres repeticiones y el modelo matemático se presenta continuación:

$$Y_{ijkl} = u + G_j + P_k + T_l + (GP)_{jk} + (GT)_{jl} + (PT)_{kl} + (GPT)_{jkl} + e_{ijkl}$$

Dónde:

Y_{ijkl} = Variable de respuesta.

u = media general.

G_j = Efecto de la j – ésima leguminosa empleada.

P_k = Efecto de la k – ésima concentración de aislado proteico empleado.

T_l = Efecto de la l – ésima Temperatura de cocción.

$(GP)_{jk}$ = Efecto de la interacción entre G y P .

$(GT)_{jl}$ = Efecto de la interacción entre G y T .

$(PT)_{kl}$ = Efecto de la interacción entre P y T .

$(GPT)_{jkl}$ = Efecto de la interacción entre G, P y T .

e_{ij} = Error experimental

3.1 Caracterización físico química de la materia prima empleada en el estudio

3.1.1. Caracterización de los granos de arveja, frejol y haba

3.1.1.1. Contenido de grasa

La grasa es una sustancia que no es soluble en agua pero que, si puede ser disuelta en disolventes orgánicos, son compuestos que desempeñan numerosas funciones en el organismo, pero principalmente son la fuente energética más importante. Las grasas que se encuentran en los alimentos contribuyen a sus características sensoriales y a su textura ya que dan consistencia y estructura, se conoce que alimentos como las frutas y hortalizas poseen contenidos de grasa muy bajos (Badui, 2006). Se determinó mediante el método 920.39 C., Asociación de Químicos Analíticos Oficiales (AOAC), (1990) el cual se describe en el anexo 1, apartado 1.1.

3.1.1.2. Contenido de proteína

Las proteínas son moléculas que se encuentran presentes en todo organismo vivo, es posible encontrarlas en gran cantidad de funciones que se realizan dentro del organismo, algunas son sintetizadas por nuestro cuerpo y otras se adquieren por medio de los alimentos. Estas moléculas se pueden clasificar en función de su nivel conformacional; siendo una estructura primaria aquella que está compuesta de secuencias de aminoácidos, una estructura secundaria aquella que se refiere a la conformación local de una porción de un polipéptido y una estructura terciaria es aquella que incluye las interacciones de los aminoácidos más distantes de la primera cadena (Kroling et al., 2018). Se determinó mediante el método 2.062., Asociación de Químicos Analíticos Oficiales (AOAC), (1984) descrito en el anexo 1, apartado 1.2.

3.1.1.3. Contenido de fibra

La fibra son polisacáridos que no son aprovechados metabólicamente por los organismos monogástricos como lo es el hombre, pero que cumplen una función fundamental para el bienestar del individuo que la consume. Estos compuestos no se encuentran en los productos de origen animal ya que está constituida por elementos que conforman las paredes celulares de los vegetales, entre los cuales se puede encontrar principalmente a la celulosa, hemicelulosa y la lignina y estos compuestos tienen un amplio uso en la industria alimenticia por sus propiedades tecnológicas y la estructura de las fibras en los alimentos dependerá de la su composición y estado de madurez de los mismos. Existen dos tipos de fibra, la cruda la cual es la que se toma en cuenta en análisis nutricionales de los alimentos y la fibra dietética (Badui, 2006). Se realizó siguiendo el método 985.29., A.O.A.C., (1988) descrito en el trabajo de Grossi et al. (2015) el cual se encuentra en el anexo 1 apartado 1.3.

3.1.1.4. Contenido de ceniza

Las cenizas son los componentes que permanecen presentes después de la incineración de una muestra de tejido animal o vegetal y se pueden clasificar en elementos principales (Na, P, K, Ca, Cl y Mg), oligoelementos (Fe, Se, F, Cu, Co, Mo, Ni, Zn, I y Cr) y los ultra oligoelementos (Al, Cs, Pb, etc.), los cambios en el contenido de ceniza de un alimento se dan al procesar ingredientes crudos, al

realizar operaciones como la cocción o la separación de partículas (Belitz et al., 2009). Se determinó usando el método 942.05. (AOAC), (1990) el cual se describe en el anexo 1, apartado 1.1.4.

3.1.1.5. Contenido de humedad

La humedad o contenido de agua, es un factor de importancia en la industria alimenticia ya que de esta depende la venta, compra, transporte, almacenamiento y tiempo de vida útil de los alimentos. Fue determinada mediante el método 23.003. (AOAC), (2003). El cual se detalla en el anexo 1, apartado 1.1.5.

3.1.1.6. Contenido de carbohidratos

Se determinó mediante diferencia de los valores obtenidos anteriormente, con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Carbohidratos} = 100 - (\text{Grasa} - \text{Proteína} - \text{Fibra} - \text{Ceniza})$$

3.1.1.7. Contenido de almidón total

El almidón se considera como el principal polisacárido de almacenamiento de las plantas y como la grasa también se considera una fuente importante de energía, este componente se puede encontrar en mayor cantidad en alimentos como los tubérculos, leguminosas o frutas sin madurar. Se consideran ingredientes de importancia en la industria alimentaria, química y farmacéutica por sus (Miranda-Villa et al., 2013). Se realizó por medio del método de Holm J, descrito por (Soto, 2010) el cual se encuentra en el Anexo 1, apartado 1.6.

3.1.1.8. Contenido de amilosa

La amilosa es un compuesto que se produce a partir de la condensación de D-glucopiranosas que se da por medio de enlaces glucosídicos α (1,4), el cual establece largas cadenas de forma lineal de 200-2 500 unidades con pesos moleculares que pueden llegar hasta el millón, tiene facilidad de tomar una forma de conformación tridimensional helicoidal y su unidad repetitiva es la α -maltosa (Badui, 2006). Se determinó mediante uso del método de Morrison & Laignelet (1983) el cual se detalla en el anexo 1, apartado 1.7.

3.1.1.9. Temperatura de gelificación

Se determina mediante la metodología de Método de Cañizares et al. (1993) el cual se describe en el trabajo de Miranda-Villa et al. (2013) que se basa en la absorción del yodo y el cambio de color que ocurre cuando las moléculas de almidón forman complejos al iniciar su proceso de gelatinización. Se preparó suspensiones de la muestra (2 ml) al 0,5% en tubos de ensayo y solución saturada de yodo, los cuales fueron calentados progresivamente analizando desde los 50 °C hasta llegar a los 80 °C incrementando un grado °C

3.1.1.10. Propiedades funcionales del almidón

Las propiedades funcionales del almidón son de gran importancia para determinar sus aplicaciones en la industria alimenticia, ya que va a depender también de qué es lo que se desee obtener, un producto espesante, regulador de textura, ligantes, etc. Estas propiedades pueden modificarse dependiendo de si el almidón se emplea solo o en conjunto con otros hidrocoloides (Badui, 2006). Se determinó de acuerdo con el método de Anderson et al. (1970) el cual se describe en el anexo 1, apartado 1.8.

3.1.2. Obtención y caracterización del aislado proteico de chocho

3.1.2.1. Obtención del aislado proteico

Se realizó de acuerdo a la metodología descrita por (Villacrés, 2001). Para lo cual se empleó una porción de chochos fueron desamargados y pelados, posteriormente se molió los granos y se tamizó a un tamaño de partícula 42 mesh (355 µm). Se mezcló la harina con agua destilada en una proporción de 1:7 y posteriormente se elevó el pH de la muestra a 9.0 con NaOH 1N, el conjunto se agitó durante una hora, luego se centrifugó durante 15 minutos a 5000 rpm, el sobrenadante se separó y se bajó su pH a 4,5 utilizando HCl 1 N. Se centrifugó el conjunto durante 20 minutos a 5000 rpm. La proteína obtenida fue recuperada, lavada con agua destilada y se liofilizó.

3.1.2.2. Rendimiento

Se pesó el aislado proteico después del proceso de liofilización.

3.1.2.3. Proteína

Método 2.062., Asociación de Químicos Analíticos Oficiales (AOAC), (1984). El cual ya fue descrito anteriormente.

3.1.2.4. Capacidad de absorción de agua y aceite

Se pesó 2 gramos de muestra dentro en un tubo de centrífuga previamente tarado y se le añadió 16 ml de agua destilada, se tapó el tubo y se agitó la muestra para ajustar el pH a 4, seguido de una agitación magnética por 20 minutos y se procedió a centrifugar durante 10 minutos a 3000 rpm, se removió el sobrenadante y se invirtió el tubo para drenarlo por completo. Se repitió el proceso para determinar la absorción de aceite, pero en lugar de añadir los 16 ml de agua se añadió 16 ml de aceite la favorita. Se determinó ambos parámetros mediante diferencia de peso.

3.1.2.5. Gelificación

Se siguió el método de Coffman & García (1977). Se preparó suspensiones a una concentración de 0,8 y 1,6% en 5 ml de agua destilada y se ajustó su pH a 6 para posteriormente calentar las suspensiones durante una hora a 92 °C, seguido por un enfriamiento rápido en agua fría.

3.1.3. Obtención y caracterización de la leche de chocho

3.1.3.1. Elaboración

Se elaboró la leche de chocho utilizando granos desamargados, los cuales fueron triturados con agua en una proporción de 1:2. La mezcla fue filtrada a través de un tamiz de 250 µm, el producto fue almacenado a 3°C hasta su uso.

3.1.3.2. Densidad

Se determinó mediante el método 962.37., Asociación de Químicos Analíticos Oficiales (AOAC), (1984). El cual se fundamentó en la determinación del peso de la muestra y del agua en un volumen constante empleando un picnómetro.

3.1.3.3. Rendimiento

Se consideró la cantidad de bebida vegetal obtenida a partir de un kilogramo de chocho desamargado.

3.1.3.4. Viscosidad

Se determinó por el método 22.009, 22.010, 22.011., Asociación de Químicos Analíticos Oficiales (AOAC), (1984). El cual consiste en el uso de un viscosímetro tipo Cannon H32300 por el cual se desplaza la muestra entre dos marcas definidas.

3.1.3.5. Sólidos totales

Con el propósito de determinar sólidos totales se empleó el Método 930.15 de la (AOAC). El cual se detalla en el anexo 1, apartado 1.9.

3.2. Elaboración de los análogos veganos de queso fresco, a partir de arveja, haba y fréjol, enriquecido con chocho

Se seleccionó los granos de arveja, frejol y haba; los cuales fueron hidratados en agua potable por 12 h y posteriormente pelados, a excepción de la arveja, que presentó un tegumento muy fino. Para preparar 100 gramos de cada análogo del queso fresco se procedió a colocar en la licuadora 75 ml de leche de chocho, 58 gramos de leguminosa (fréjol, arveja o haba), se añadió el aislado proteico de chocho (0,8% o 1,6%), 4 gramos de sal, 3 gramos de cebolla, 3 gramos de ajo y 2 ml de aceite vegetal de canola. Se mezclaron los ingredientes en una licuadora por 3 minutos, La mezcla homogenizada se colocó en un bioreactor y se calentó a dos temperaturas (75 o 85 °C) durante un tiempo de 3 minutos. La mezcla se vertió en moldes previamente engrasados los cuales se refrigeraron a 3 °C durante 10 minutos. El diagrama de flujo se muestra a continuación:

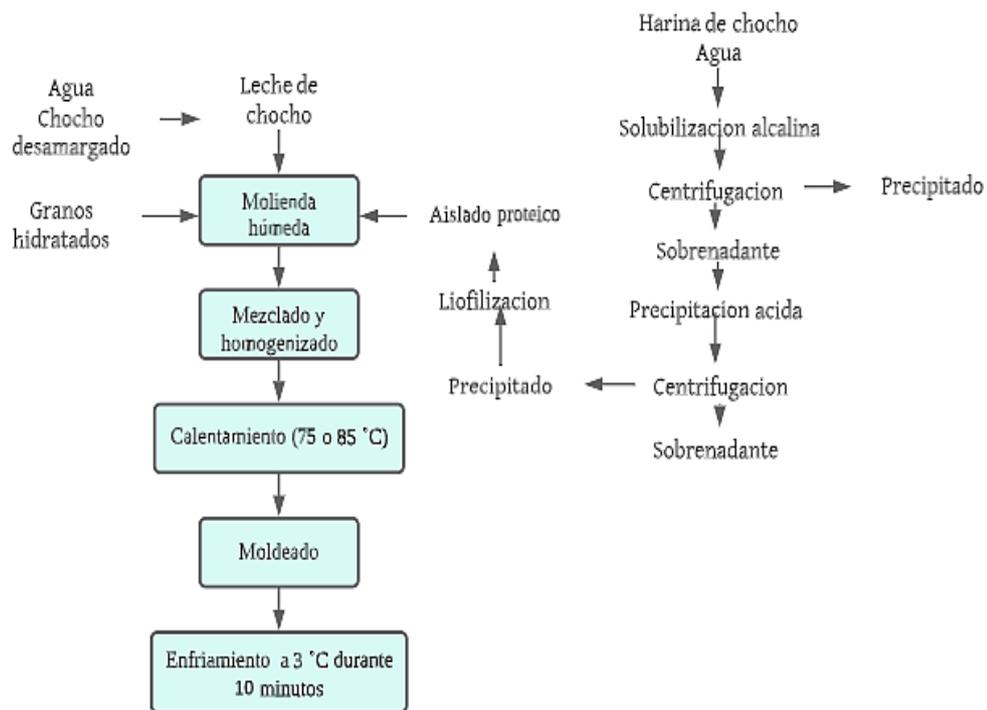


Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de los productos análogos de queso fresco.

Fuente: Elaboración propia

3.2.1. Caracterización físico-química de los productos veganos

3.2.1.1. Composición proximal

Se conforma por el análisis del contenido de fibra, proteína, grasa, ceniza y humedad, estas metodologías ya fueron descritas anteriormente.

3.2.1.2. Actividad de agua

Se determinó por medio del método 978.19 de la A.O.A.C. Se colocó una porción de mezcla en la celda medidora y se procedió a realiza la lectura con el equipo Testo 650.

3.2.1.3. Perfil de textura

Este análisis comprendió la determinación de los siguientes componentes:

- Dureza, la cual es la fuerza que imita la primera mordida ya que es la fuerza máxima que se obtiene durante la primera compresión del alimento. Se expresa en unidades de fuerza.
- Fracturabilidad, es la fuerza con la que un alimento se desmorona o se revienta, de igual manera se expresa en unidades de fuerza.

- Adhesividad, se refiere a la fuerza que se requiere para superar la fuerza de atracción de la superficie del alimento, se expresa en unidades de trabajo.
- Elasticidad, es la altura en la que el alimento se recupera; entre el tiempo en el que terminó la primera mordida y antes de iniciar la segunda mordida. Es adimensional.
- Cohesividad, es la habilidad que tiene el alimento de soportar la ruptura bajo compresión, es decir es la fuerza con la que están unidas las partículas que lo conforman por lo que un valor igual a uno indica que se recupera completamente luego de la primera compresión. De igual manera es adimensional.
- Gomosidad, es la energía que se requiere para desintegrar un alimento semi-sólido y es el producto de la dureza con la cohesividad. Se expresa en unidades de fuerza.
- Masticabilidad, se refiere a la energía que es necesaria para desintegrar un alimento hasta que sea posible tragarlo. Se expresa en unidades de masa y es el producto de la gomosidad con la elasticidad.

Se basó en el uso del texturómetro TA-XT-2i, Stable Micro Systems Godalming, UK. Utilizando una sonda de aluminio cilíndrica de 35 mm de extremo plano (P/35). Se empleó una velocidad de 5mm/segundo y una distancia de 20 mm con un tiempo de 5 segundos.

3.2.1.4. Análisis organoléptico de los análogos veganos de queso fresco

Se siguió la metodología descrita por Watts et al., (1992) y se tuvo la participación de un panel entrenado de 11 personas a las cuales se les sirvió 3 muestras, cada una con un peso de 5 gramos las cuales fueron codificadas de la siguiente manera:

T6= Arveja+1,6% de aislado proteico, 85°C

T12= Frejol+1,6% de aislado proteico, 85°C

T18= Haba+1,6% de aislado proteico, 85°C

Se consideró que cada muestra esté compuesta por cada uno de los granos con el porcentaje de proteína más alto y con la temperatura de calentamiento más alta ya

que a esa temperatura se daba más rápido la formación del gel. A cada panelista se le presentó 3 muestras seleccionadas junto con un vaso con agua y un formulario con los atributos apariencia, olor, sabor y flavor en una escala hedónica de 10 puntos, siendo 1 malo y 10 excelente. Adicionalmente se evaluó la aceptabilidad general del producto en una escala hedónica que se describe en el Anexo 6.

Para el análisis organoléptico se aplicó un diseño de bloques completamente al azar cuyo modelo matemático se describe a continuación.

$$P_{ij} = u + g_i + \beta_j + e_{ij}$$

Donde:

P_{ij} = Parámetro de análisis

u = Media general

g_i = Efecto del *i* – ésimo grano utilizado

β_j = Efecto del *j* – ésimo bloque

e_{ij} = Error experimental

CAPÍTULO VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados y discusión

4.1.1. Caracterización físico-química de los granos de arveja, fréjol y haba, en estado crudo.

4.1.1.1. Composición proximal

Los resultados muestran diferencias significativas en el contenido de grasa de los diferentes granos utilizados en el estudio ($p < 0,0001$). El grano de haba presentó el porcentaje de grasa más elevado con un contenido promedio del 3,52%, el cual es un resultado superior al reportado por (Ferro Horque, 2004), quienes citan un porcentaje de grasa del 2,3% en variedades de haba. Los granos de arveja presentaron el porcentaje más bajo con un contenido del 1,43% (Tabla 4), un valor similar fue reportado por Peralta et al. (1997). En el caso de los granos de fréjol se determinó un promedio de grasa del 2,17% (Tabla 4), el cual concuerda con la cita de Murillo et al. (2004), quienes reportaron un rango de 1,5 a 3,2 % para la variedad blanco fanesquero.

Se presentaron diferencias significativas en el porcentaje de proteína de los diferentes granos utilizados en el estudio ($p < 0,0001$). Los granos de arveja presentaron el contenido más bajo de proteína con un valor promedio del 19,10%, Peralta et al. (1997) señalan que la arveja contiene el 24% de proteína, lo cual representa un valor inferior al reportado en la bibliografía citada. Mientras que no se presentaron diferencias significativas entre los granos de fréjol y haba (Tabla 4). Los granos de haba presentaron un contenido promedio de proteína del 26,54% (Tabla 4), el cual es mayor al reportado por (Ferro Horque, 2004) para granos maduros de haba con 24,8%. La proteína del fréjol utilizado en este estudio alcanzó un promedio de 26,83%, valor ligeramente superior al reportado por

Murillo et al. (2004), quienes citan un promedio de 25 % para diferentes variedades de frejol.

En cuanto al contenido de fibra, los resultados muestran diferencias significativas entre los diferentes granos utilizados en el estudio ($p < 0,001$). Los granos de arveja presentaron el mayor contenido de fibra con un porcentaje promedio del 9,13%, valor similar al reportado por Peralta et al. (1997), para variedades de arveja con un promedio de 8,6 %, mientras que los granos de haba y frejol no presentaron diferencia significativa entre sí (Tabla 4). En el caso de los granos de haba, los valores de fibra variaron con los citados en la bibliografía. (Ferro Horque, 2004) reportaron un promedio de 6,2% para el grano entero de haba, línea LH3, mientras que en este estudio se determinó un promedio de 2,95%. Diferencia debida al procesamiento del grano, ya que para la elaboración del análogo vegano los granos fueron pelados e hidratados, previo a la elaboración del producto. Para los granos de frejol se determinó un promedio de 2,95%, mientras que Murillo et al., (2004) reportó para el grano entero de frejol un contenido del 10-14%. Estas diferencias son atribuibles a proceso de pelado de los granos, excepto la arveja, que sometida a molienda húmeda proporciona una masa homogénea y manejable.

Se determinó que el contenido de ceniza presentó diferencias significativas entre los diferentes granos utilizados en el estudio ($p < 0,001$). Los granos de frejol presentaron el mayor contenido de ceniza mostrando un porcentaje promedio del 3,77, valor similar al rango reportado por Murillo et al., (2004) para variedades de frejol arbustivo (3-5%) y los granos de arveja y haba no presentaron diferencias significativas entre sí (Tabla 4). De igual manera para los granos de haba el pelado también influyó en la disminución de las cenizas que resultaron en menor concentración (2,7%) con respecto a los valores citados por (Ferro Horque, 2004) quienes reportan 3,5% para las cenizas.

En el caso del contenido promedio de carbohidratos, los resultados mostraron diferencias significativas entre los granos utilizados en el estudio ($p < 0,0026$). Los granos de arveja presentaron el porcentaje de carbohidratos más elevado con un contenido promedio del 67,86% un contenido ligeramente mayor al reportado por Peralta et al. (1997) para la variedad Roxana con 63 % de carbohidratos totales,

no se observaron diferencias significativas entre los granos de haba y frejol (Tabla 4). Para los granos de haba se determinó un contenido del 64,52% una concentración menor a la mencionada por (Ferro Horque, 2004) quienes reportan 69,5%, para los carbohidratos totales. En los granos de frejol los hidratos de carbono presentaron un promedio de 64,28%, un contenido mayor al encontrado en variedades de frejol arbustivo, cuyo contenido varió entre 52-60% Murillo et al. (2004).

Previo a la utilización de los granos maduros, estos se hidrataron durante 12 h, para facilitar el descascarado en el caso del fréjol y haba. Al término de este proceso se determinó el contenido de humedad de los granos, el cual varió entre 86,08% para el grano de frejol a 88,79% para el haba. ($p < 0,001$), (Tabla 4). Estos niveles resultaron apropiados no solo facilitar el descascarado, sino también para disminuir la dureza de los cotiledones y facilitar el proceso de trituración.

Tabla 4. Composición proximal de los granos de haba, frejol y arveja en estado crudo (% Base Seca)

	Haba	Frejol	Arveja
Grasa	3,52±0,06 ^a	2,17±0,08 ^b	1,43±0,13 ^c
Proteína	26,54±1,17 ^a	26,83±0,59 ^a	19,10±0,15 ^b
Fibra	2,95±0,33 ^b	2,95±0,60 ^b	9,13±1,03 ^a
Cenizas	2,47±0,03 ^b	3,77±0,20 ^a	2,48±0,12 ^b
Carbohidratos	64,52±0,84 ^b	64,28±0,27 ^b	67,86±1,06 ^a
Humedad	88,79±0,19 ^a	86,08±0,42 ^b	88,14±0,31 ^a

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). Fuente: Elaboración propia.

4.1.1.2. Caracterización del almidón

Se determinaron diferencias significativas en el contenido de almidón de los diferentes granos utilizados en el estudio ($p < 0,0001$). Los granos de haba presentaron el mayor porcentaje de almidón (47,51%), mientras que los granos de frejol y arveja presentaron un menor contenido y no variaron significativamente entre ellos (Tabla 5). En el estudio de Miranda et al. realizado en el año 2013 se menciona un promedio de 15 % para los granos de frejol (*Phaseolus lunatus* L.),

el cual es característico de esta especie, mientras que para los granos de frejol común se cita un promedio de 38%.

Se determinó que el contenido de amilosa (%) de los granos utilizados en el estudio ($p < 0,0001$). Los granos de haba presentaron el contenido más elevado, con una concentración promedio de 32,87%; mientras que los granos de arveja presentaron el contenido más bajo de amilosa (Tabla 5). Estos valores son similares a los reportados por Miranda et al., (2013) para la especie de frejol *Phaseolus lunatus* L, quienes citan un promedio de 32,6 %.

4.1.1.2.1. Temperatura de gelatinización

Se determinó diferencias significativas entre los granos utilizados ($p < 0,0001$). Los granos de fréjol mostraron una mayor temperatura de gelatinización (67,33°C); mientras que las habas y arvejas, presentaron temperaturas de gelatinización de 60 y 64°C. (Tabla 5). Los cuales se enmarcan en los rangos de temperatura de gelatinización, citados para: almidón de maíz (62-73°C), papa (56-67°C), trigo (58-64°C) y arroz (68-78°C) (Swinkles, 1985).

4.1.1.2.2. Propiedades funcionales del almidón

4.1.1.2.2.1. Índice de absorción de agua

En cuanto al índice de absorción de agua se determinó diferencias significativas entre los granos utilizados ($p = 0,0001$). Los granos de frejol presentaron el mayor índice de absorción de agua con un valor del 3,25; mientras que los granos de arveja y haba no presentaron diferencias significativas entre sí (Tabla 5). El índice de solubilidad en agua presentó diferencias significativas entre los diferentes granos en estudio ($p < 0,0001$).

4.1.1.2.2.2 Índice de solubilidad en agua

Los granos de arveja presentaron el menor índice de solubilidad en agua con un valor promedio de 7,96; mientras que los granos de haba y frejol presentaron resultados que no variaron estadísticamente entre ellos (Tabla 5). Estos valores son similares a los reportados para almidones de Faba bean (*Vicia faba*) con un promedio de 9.92% (Punia et al., 2019), quienes señalan que el contenido de amilosa y la longitud de la cadena ramificada de amilopectina son características estructurales que influyen en el índice de solubilidad en agua. Específicamente la

amilopectina, facilita la entrada del agua a los espacios intermoleculares, aumentando la solubilidad de los polímeros.

Se observó que existen diferencias significativas en el poder de hinchamiento de los granos utilizados ($p < 0,0001$). El frejol presentó el mayor poder de hinchamiento con un valor promedio de 3,76; que se correlacionó positivamente con la mayor capacidad de absorción de agua (3,25), mientras que los granos de arveja y haba presentaron menor poder de hinchamiento y no variaron significativamente entre ellos (Tabla 5).

Tabla 5. Contenido de almidón, amilosa y propiedades funcionales del almidón de los granos de haba, frejol y arveja.

	Haba	Frejol	Arveja
Almidón %	47,51±0,76 ^a	42,67±0,18 ^b	42,68±0,20 ^b
Amilosa %	32,87±0,17 ^a	30,79±0,33 ^b	29,73±0,52 ^c
Temperatura de gelatinización °C	60,00±0,00 ^c	67,33±0,58 ^a	64,33±0,58 ^b
Índice de absorción de agua	2,27±0,21 ^b	3,25±0,10 ^a	2,22±0,01 ^b
Índice de solubilidad en agua	11,24±0,04 ^a	10,94±0,66 ^a	7,96±0,04 ^b
Poder de hinchamiento	2,31±0,01 ^b	3,76±0,14 ^a	2,41±0,01 ^b

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). Fuente: Elaboración propia.

4.1.2. Caracterización físico-química del aislado proteico de chocho

4.1.2.1. Contenido de proteína

Se determinó que el aislado proteico presentó un porcentaje promedio de nitrógeno proteico del 12,47±0,03 y 72,81% de proteína. Este valor es menor al reportado por Villacrés, (2001), lo cual atribuirse al método de desamargado y desengrasado del grano, el cual se realizó con isopropanol, mientras que en nuestro estudio, el desamargado se realizó con agua potable y el desengrasado con alcohol etílico al 98 %.

4.1.2.2. Capacidad de absorción de agua y aceite

Estas propiedades funcionales de las proteínas son importantes en la formación de una red compacta. Se determinó que la capacidad de absorción de agua del aislado proteico de chocho es 3,92±0,02 y la capacidad de absorción de aceite es 1,64 ±0,17, propiedades funcionales que participan en la conformación de la red que da

forma al análogo vegano. Las propiedades funcionales relacionadas con la capacidad de absorción de agua y aceite (2,84 g agua/g proteína y 1,48 g aceite/g proteína), del aislado obtenido en este estudio, resultaron similares a las reportadas por Villacrés, (2001).

4.1.2.3. Gelificación

La capacidad gelificante se evaluó con concentraciones de 1,6 y 0,8% y se determinó la formación de un gel con la mayor concentración de aislado proteico. Efecto que se evidenció en los tratamientos que incluyeron un mayor contenido de aislado proteico (1,6%), dando un gel de mayor firmeza y consistencia, con relación a los tratamientos que incluyeron una menor concentración de aislado proteico.

4.1.2.4. Rendimiento en la obtención de proteína aislada de chocho

A partir de 2 kg de harina de chocho se obtuvo aproximadamente 0,216 kg de aislado proteico. Determinando que el rendimiento es del 10,8 %.

4.1.3. Caracterización físico-química de la leche de chocho

4.1.3.1. Composición proximal

El contenido nutricional de la leche de chocho se presenta en la Tabla 6, en la que resalta el contenido de proteína con un promedio de 14,87%; 2,5% de grasa; 6,31% de fibra y 1,57% de ceniza. (Tabla 6). Márquez et al. (2021), desarrollaron una bebida funcional a base de chocho, avena y leche de vaca, la cual presentó 3,7% de proteína y un contenido de fibra del 1,57% los cuales son menores al de la leche de chocho obtenido en este estudio.

Tabla 6. Composición proximal de la leche de chocho (% BS)

Variable	Promedio
Proteína	14,87±0,29
Grasa	2,5±0,33
Fibra	6,31±0,08
Ceniza	1,57±0,03
Humedad*	74,74±0,01

Fuente: Elaboración propia

*base húmeda

4.1.3.2. Densidad, viscosidad y sólidos totales

Se determinó un valor de 1,02 g/mL para la densidad de la bebida vegetal de chocho, viscosidad 12,76 cP y los sólidos totales de 25,25 % (Tabla 7). Los cuales son valores cercanos a los obtenidos por Quicazán et al. (2017) quienes realizaron una bebida de soya en la cual determinaron densidades de entre 1,0117 a 1,0219 g/ml, sólidos totales de entre 5,79-8,79% y una viscosidad de entre 5,1 a 8 cP la cual es inferior a la reportada en esta investigación.

Tabla 7. Densidad, viscosidad y sólidos totales de la leche de chocho.

Variable	Promedio
Densidad (g/ml)	1,02±0,00
Viscosidad (cP)	12,76±0,24
Sólidos totales (%)	25,26±0,01

Fuente: Elaboración propia.

4.1.3.3. Rendimiento en la obtención de la leche de chocho, tipo leche vegetal

A partir de 1 kg de chocho se obtuvo 1700 mL de bebida, lo que representa un rendimiento de 170%.

4.1.4. Caracterización físico-química de los análogos veganos de queso fresco

En los productos obtenidos por trituración de los granos de arveja, fréjol o arveja con leche de chocho y enriquecidos por aislado proteico del mismo grano se obtuvieron los siguientes resultados:

4.1.4.1. Composición proximal

Se determinó que existen diferencias significativas en el contenido de grasa, entre los distintos tratamientos analizados durante el estudio ($p < 0,0001$). El tratamiento 18 (Haba; aislado proteico 1,6%; 85°C) presentó el mayor contenido de grasa, debido al mayor aporte de este nutriente procedente del haba, mostrado en la Tabla 4, mientras que el tratamiento 8 (Fréjol blanco; sin aislado proteico; 85°C) presentó el menor contenido de grasa (Tabla 8). En la investigación “Composición y propiedades fisicoquímicas de productos comerciales tipo bloque a base de plantas como alternativas al queso” realizada por Grasso et al., (2021) se analizaron varios productos de imitación del queso y en cuanto al contenido de grasa todos presentaron valores que variaron entre 16,33 a 30,33 que son mayores

a los reportados en esta investigación, atribuible al contenido de aceites añadidos en la formulación.

Se determinaron diferencias significativas en el contenido de proteína de los diferentes tratamientos ($p < 0,0001$). Los que mostraron el contenido más elevado de proteína fueron el T12 (fréjol, aislado proteico 1,6%, 85°C) y T11 (frejol, aislado proteico 1,6%, 75°C); mientras que T1 (arveja, sin aislado proteico, 75°C) mostró el menor contenido de proteína (Tabla 8), debido al menor aporte de este nutriente desde la arveja y la ausencia de aislado proteico en este tratamiento (Tabla 4). Este valor es similar al reportado para el queso cheddar con 25,04 %. En la investigación de Grasso et al., (2021) se reportó que productos veganos presentaron un contenido de proteína que varió entre 0,11 a 18,50%

Se determinó que el contenido de fibra varió entre los diferentes tratamientos evaluados ($p < 0,0001$). El tratamiento 2 (Arveja amarilla; sin aislado proteico; 85 °C) y 6 (Arveja amarilla; aislado proteico 1,6%; 85 °C) presentaron el contenido de fibra más elevado con un valor promedio del 6,90 y 6,70 respectivamente (Tabla 8), debido al aporte de este componente desde la arveja, cuyo grano para este proceso no fue pelado o descorticado como se presentó en la Tabla 4.

Tabla 8. Contenido promedio de grasa, proteína y fibra de los tratamientos, para la obtención de análogos veganos del queso fresco, a partir de arveja, haba y frejol, enriquecido con chocho (%BS).

	Grasa	Proteína	Fibra
T1	8,30±0,53 ^{c-f}	24,87±0,08 ^f	6,45±0,05 ^{a-c}
T2	7,83±0,55 ^{d-g}	25,52±0,15 ^f	6,90±0,3 ^a
T3	8,33±0,06 ^{c-f}	25,81±0,15 ^{d-f}	6,30±0,20 ^{b-d}
T4	9,50±0,26 ^{ab}	25,52±0,15 ^{ef}	6,70±0,30 ^{ab}
T5	7,87±0,4 ^{d-g}	27,49±0,22 ^{b-f}	6,15±0,05 ^{b-d}
T6	9,10±0,75 ^{bc}	27,63±0,22 ^{cdef}	6,70±0,2 ^a
T7	7,67±0,29 ^{e-g}	28,73±0,15 ^{b-f}	3,25±0,35 ^{c-f}
T8	6,57±0,4 ^g	32,10±0,03 ^{a-e}	3,30±0,30 ^{c-f}
T9	7,63±0,21 ^{d-g}	28,73±0,15 ^{b-f}	3,10±0,20 ^{c-f}
T10	7,03±0,21 ^{fg}	27,56±0,15 ^{c-f}	2,75±0,05 ^f
T11	8,10±0,17 ^{d-f}	39,30±0,22 ^a	3,45±0,25 ^{b-f}
T12	7,30±0,10 ^{e-g}	41,45±0,19 ^a	3,05±0,05 ^{d-f}
T13	7,93±0,68 ^{d-f}	32,67±0,29 ^{a-d}	3,10±0,50 ^{d-f}
T14	8,43±0,25 ^{c-e}	33,5±0,09 ^{ab}	2,75±0,05 ^f
T15	8,63±0,76 ^{bcd}	32,77±0,17 ^{a-d}	2,90±0,10 ^{ef}
T16	8,53±0,21 ^{c-e}	33,02±0,07 ^{a-c}	2,75±0,15 ^f
T17	8,93±0,15 ^{b-d}	32,81±0,15 ^{a-c}	3,60±0,0 ^{b-f}
T18	10,43 ±0,64 ^a	33,94±9,26 ^{ab}	3,70±0,20 ^{b-e}

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p>0,05).

Se presentaron diferencias significativas en el contenido de cenizas de los tratamientos analizados (p=0,0016). El tratamiento 4 (Arveja amarilla; aislado proteico 0,8%; 85 °C) presentó el contenido más bajo de ceniza (Tabla 9). El contenido de carbohidratos presentó diferencias significativas entre tratamientos (p<0,0001). El tratamiento 10 (Fréjol blanco; aislado proteico 0,8%; 85 °C) presentó el porcentaje más elevado de carbohidratos (Tabla 9). Este valor es superior a los reportados en la investigación de Grasso et al., (2021) que mencionan porcentajes entre 6,85 al 31,94% para la muestra elaborada con agua filtrada, almidón de tapioca, aceite de coco, saborizantes veganos, aislado de proteína de arveja, y una mezcla prensada de: aceite de canola y/o cártamo,

extracto de raíz de achicoria, sal marina, goma xantana, ácido láctico (vegano), fosfato tricálcico, almidón de arveja, proteína de papa, enzima vegana, azúcar de caña, annatto y crema de coco.

Se determinó que existen diferencias significativas en el contenido de humedad de los diferentes tratamientos ($p < 0,0001$). El tratamiento 10 (Fréjol blanco; 0,8% de proteína; 85 °C) fue el que registró el contenido de humedad más alto, mientras que el tratamiento 6 (Arveja amarilla; 1,6% de proteína; 85 °C) fue el que presentó el nivel de humedad más bajo (Tabla 9). Valor similar al reportado para el queso cheddar con 38,26%. En el trabajo “Propiedades físicas de productos de queso de origen vegetal elaborados con zeína” de Mattice et al., (2020) se reportan varios análogos de queso utilizando diferentes porcentajes de zeína con un nivel de humedad del 60%.

Tabla 9. Contenido de cenizas*, carbohidratos* y humedad de los tratamientos, para la elaboración de análogos veganos de queso fresco.

	Cenizas	Carbohidratos	Humedad
T1	5,47±0,55 ^{ab}	54,92±0,10 ^{ab}	30,20±0,82 ^{cd}
T2	5,50±0,10 ^{ab}	54,24±0,63 ^{a-c}	30,73±0,78 ^{b-d}
T3	5,77±0,23 ^a	53,79±0,50 ^{a-c}	30,33±1,0 ^{cd}
T4	4,75±0,45 ^b	53,53±0,45 ^{a-d}	31,63±0,25 ^{a-d}
T5	5,50±0,20 ^{ab}	52,85±0,13 ^{a-e}	30,07±0,22 ^{cd}
T6	5,03±0,15 ^{ab}	51,58±0,69 ^{c-g}	29,87±0,65 ^d
T7	5,20±0,40 ^{ab}	55,15±0,55 ^{ab}	30,00±0,87 ^{cd}
T8	5,50±0,10 ^{ab}	52,54±0,20 ^{a-f}	31,20±0,72 ^{a-d}
T9	5,30±0,00 ^{ab}	55,24±0,24 ^{ab}	32,97±0,47 ^{ab}
T10	5,20±0,40 ^{ab}	57,45±0,64 ^a	33,47±0,18 ^a
T11	5,77±0,21 ^a	43,38±0,46 ^{fg}	32,20±0,61 ^{a-c}
T12	5,97±0,06 ^a	42,23±0,19 ^g	30,10±0,40 ^{cd}
T13	5,93±0,38 ^a	50,36±0,96 ^{c-g}	30,20±0,95 ^{cd}
T14	5,57±0,49 ^{ab}	52,31±0,29 ^{b-g}	30,77±0,15 ^{b-d}
T15	5,07±0,50 ^{ab}	50,63±0,60 ^{c-g}	31,07±0,31 ^{b-d}
T16	5,30±0,10 ^{ab}	50,39±0,18 ^{c-g}	30,70±0,95 ^{b-d}
T17	5,07±0,40 ^{ab}	49,59±0,67 ^{d-g}	30,53±0,21 ^{cd}
T18	5,33±0,21 ^{ab}	47,03±0,63 ^{e-g}	30,80±0,44 ^{b-d}

(*% BS)

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Fuente: Elaboración propia

4.1.4.2. Actividad de agua

De acuerdo con los resultados obtenidos, se encontró diferencias significativas en la actividad de agua de los diferentes tratamientos ($p=0,0049$). El tratamiento 17 (Haba; aislado proteico 1,6%, 75 °C) fue el que presentó la mayor actividad de agua y el tratamiento 2 (Arveja amarilla; sin aislado proteico; 85 °C) fue el que presentó la menor actividad de agua (Tabla 10), posiblemente debido a la mayor concentración de almidón y ausencia de aislado proteico en este tratamiento. Estos valores son similares a los citados en el estudio de Grasso et al., (2021) para el queso cheddar.

Tabla 10. Actividad de agua de los tratamientos para la elaboración de análogos veganos de queso fresco, a partir de arveja, fréjol y haba.

Tratamiento	Medias
T1	0,94±0,00 ^e
T2	0,94±0,00 ^e
T3	0,95±0,01 ^{c-e}
T4	0,96±0,01 ^{a-c}
T5	0,96±0,03 ^{c-e}
T6	0,95±0,01 ^{c-e}
T7	0,95±0,01 ^{de}
T8	0,95±0,01 ^{c-e}
T9	0,95±0,00 ^{c-e}
T10	0,95±0,01 ^{c-e}
T11	0,95±0,01 ^{c-e}
T12	0,96±0,00 ^{b-d}
T13	0,96±0,01 ^{a-c}
T14	0,96±0,01 ^{b-e}
T15	0,97±0,01 ^{a-c}
T16	0,97±0,00 ^{ab}
T17	0,98±0,00 ^a
T18	0,95±0,01 ^{c-e}

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0,05$). Fuente: Elaboración propia.

4.1.4.3. Perfil de textura

No se observaron diferencias significativas en la dureza y fracturabilidad promedio de los diferentes tratamientos en estudio ($p=0,0622$) (Tabla 11).

Se observaron diferencias significativas en la adhesividad promedio ($p<0,0001$). Siendo el tratamiento 12 (Fréjol blanco; aislado proteico 1,6%; 85 °C) el que presentó la mayor adhesividad con un valor de 10,81 (g*s); posiblemente debido al mayor contenido de proteína en este tratamiento, mientras que el tratamiento 13 (Haba; sin aislado proteico; 75 °C) presentó el valor más bajo de adhesividad (2,39 g*s) (Tabla 11).

Tabla 11. Dureza, fracturabilidad y adhesividad de los tratamientos para la elaboración de análogos veganos de queso fresco, a partir de arveja, fréjol y haba

Tratamiento	Dureza (g)	Fracturabilidad (g)	Adhesividad (g*s)
T1	2,27±0,12 ^a	2,27±0,12 ^a	7,54±0,33 ^{a-c}
T2	2,24±0,03 ^a	2,24±0,03 ^a	7,44±0,14 ^{a-d}
T3	2,18±0,04 ^a	2,18±0,04 ^a	6,32±0,33 ^{a-e}
T4	2,18±0,04 ^a	2,18±0,04 ^a	6,54±0,30 ^{a-e}
T5	2,32±0,02 ^a	2,32±0,02 ^a	5,49±0,15 ^{b-f}
T6	2,29±0,06 ^a	2,29±0,06 ^a	5,54±0,42 ^{a-f}
T7	2,18±0,11 ^a	2,18±0,11 ^a	2,63±0,03 ^{fg}
T8	2,21±0,10 ^a	2,21±0,10 ^a	2,69±0,06 ^{fg}
T9	2,25±0,09 ^a	2,25±0,09 ^a	6,79±0,63 ^{a-e}
T10	2,29±0,46 ^a	2,29±0,46 ^a	5,75±0,43 ^{a-f}
T11	2,27±0,09 ^a	2,27±0,09 ^a	8,86±0,50 ^{ab}
T12	2,29±0,16 ^a	2,29±0,16 ^a	10,81±0,84 ^a
T13	2,43±0,46 ^a	2,43±0,46 ^a	2,39±0,09 ^g
T14	2,09±0,03 ^a	2,09±0,03 ^a	3,64±0,04 ^{d-g}
T15	2,19±0,07 ^a	2,19±0,07 ^a	2,96±0,03 ^{e-g}
T16	2,07±0,01 ^a	2,07±0,01 ^a	2,72±0,14 ^{fg}
T17	2,11±0,10 ^a	2,11±0,10 ^a	3,87±0,09 ^{c-g}
T18	2,12±0,04 ^a	2,12±0,04 ^a	2,67±0,03 ^{fg}

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0,05$). Fuente: Elaboración propia.

No se encontró variación estadística ($p=0,0622$) en los valores de elasticidad y cohesividad, gomosidad y masticabilidad (Tabla 12), atribuible al tipo de proteínas (globulares) predominante en los tratamientos. Las proteínas globulares, carecen de propiedades elásticas y son más compactas e irregulares. En la investigación realizada por Cunha et al., (2010) titulada “Evaluación de microestructura, textura, color y sensorial de un análogo de queso fundido para untar elaborado con grasa vegetal” también se analizaron parámetros de textura en un producto análogo de queso crema y reportaron para la adhesividad valores de entre 170,42 a 312,44g*s los cuales son mucho más altos que los reportados en esta investigación, lo cual se debe a la característica del producto “tipo untable” con una adhesividad mucho mayor que un producto de textura más cortable; para este producto también se reportó una elasticidad que varió entre 0,956 al 0,971, que son próximos a los determinados en los productos de esta investigación.

Tabla 12. Elasticidad, cohesividad, gomosidad y masticabilidad de los tratamientos para la elaboración de análogos veganos de queso fresco, a partir de arveja, fréjol y haba.

Tratamiento	Elasticidad y Cohesividad	Gomosidad	Masticabilidad
T1	1±0,00 ^a	2,27±0,12 ^a	2,27±0,12 ^a
T2	1±0,00 ^a	2,24±0,03 ^a	2,24±0,03 ^a
T3	1±0,00 ^a	2,18±0,04 ^a	2,18±0,04 ^a
T4	1±0,00 ^a	2,18±0,04 ^a	2,18±0,04 ^a
T5	1±0,00 ^a	2,32±0,02 ^a	2,32±0,02 ^a
T6	1±0,00 ^a	2,29±0,06 ^a	2,29±0,06 ^a
T7	1±0,00 ^a	2,18±0,11 ^a	2,18±0,11 ^a
T8	1±0,00 ^a	2,21±0,10 ^a	2,21±0,10 ^a
T9	1±0,00 ^a	2,25±0,09 ^a	2,25±0,09 ^a
T10	1±0,00 ^a	2,29±0,46 ^a	2,29±0,46 ^a
T11	1±0,00 ^a	2,27±0,09 ^a	2,27±0,09 ^a
T12	1±0,00 ^a	2,29±0,16 ^a	2,29±0,16 ^a
T13	1±0,00 ^a	2,43±0,46 ^a	2,43±0,46 ^a
T14	1±0,00 ^a	2,09±0,03 ^a	2,09±0,03 ^a
T15	1±0,00 ^a	2,19±0,07 ^a	2,19±0,07 ^a
T16	1±0,00 ^a	2,07±0,01 ^a	2,07±0,01 ^a
T17	1±0,00 ^a	2,11±0,10 ^a	2,11±0,10 ^a
T18	1±0,00 ^a	2,12±0,04 ^a	2,12±0,04 ^a

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0,05$). Fuente: Elaboración propia.

4.1.4.4. Análisis organoléptico

Con base a los análisis físicos-químicos, perfil de textura y actividad de agua, se seleccionaron los siguientes tratamientos para las pruebas sensoriales: T6 (arveja, aislado proteico 1,6%, calentamiento 85°C), T18 (haba, aislado proteico 1,6%, calentamiento 85°C), T12 (fréjol, aislado proteico 1,6%, calentamiento 85°C).

Las muestras se prepararon el día de la evaluación, se codificaron y se distribuyeron a un panel conformado por 11 catadores entrenados, quienes discriminaron las muestras principalmente por el atributo “olor”, otorgando una mayor calificación (7,88) al tratamiento T18 (Tabla 13).

Tabla 13. Aceptabilidad sensorial de los tratamientos seleccionados para la elaboración de análogos veganos de queso fresco, a partir de arveja, fréjol y haba.

	Apariencia	Olor	Sabor	Flavor
T6	7,88±2,25 ^a	6,06±1,35 ^{ab}	6,97±2,34 ^a	6,67±1,49 ^a
T12	8,79±1,68 ^a	7,27±2,01 ^b	5,46±1,69 ^a	5,46±1,59 ^a
T18	9,39±0,50 ^a	7,88±1,68 ^a	6,97±2,77 ^a	6,67±2,67 ^a

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0,05$). Fuente: Elaboración propia.

Adicionalmente se les preguntó a los participantes sobre la aceptabilidad global de las muestras y se determinó que los panelistas otorgaron mayor calificación (8,18) al tratamiento T6 (arveja, aislado proteico 1,6%, calentamiento 85°C) Mientras que el análogo vegano de queso fresco elaborado con fréjol (T12) alcanzó la menor calificación con un valor del 5,54 (Figura 2).

Cunha et al. Realizaron ensayos organolépticos de 3 productos veganos, los cuales presentaron calificaciones entre 7 de 9 puntos, correspondiente a una buena aceptabilidad sensorial.

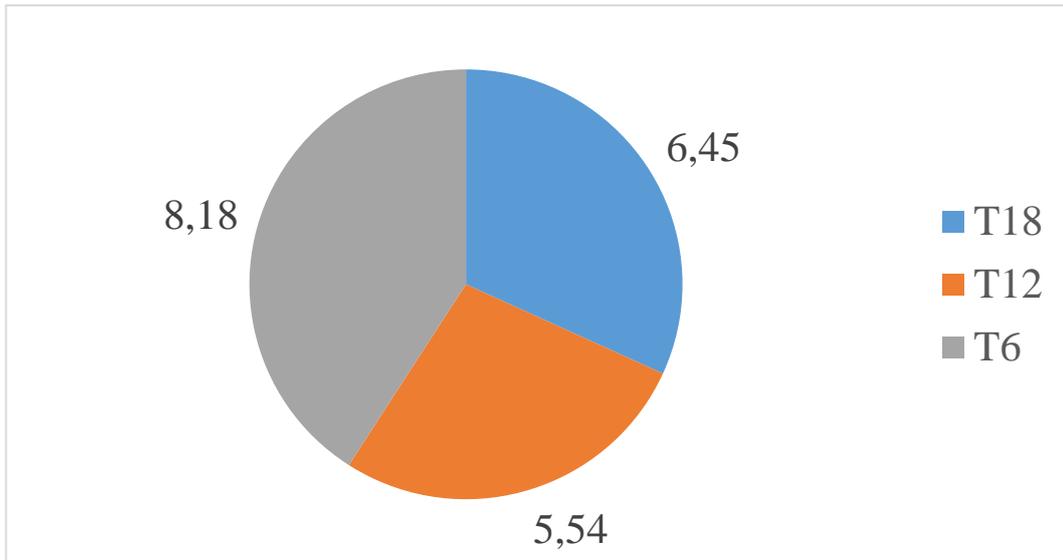


Figura 2. Aceptabilidad global de las formulaciones seleccionadas para la elaboración de análogos veganos de queso fresco, a partir de arveja, haba y frejol.

Nota: Elaboración propia.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Se caracterizó la materia empleada en la elaboración de los productos análogos y se determinó que los granos de frejol y haba presentaron el contenido de proteína más elevado (26,83; 26,54% respectivamente), mientras que los granos de arveja presentaron el contenido más elevado de fibra (9,13%). Por otro lado, se determinó que los granos de haba presentan el contenido de almidón y amilosa más elevado. En cuanto al aislado proteico de chocho se observó un contenido de proteína del 72,81% y a su vez la leche de chocho presentó un contenido de proteína del 14,87.
- Se determinó que la formulación apropiada para obtener los productos análogos consistió en la mezcla de granos triturados (arveja, frejol, haba) con leche y aislado proteico de chocho, para crear una red más consistente y firme durante el calentamiento y posterior enfriamiento para alcanzar la textura característica de un queso fresco.
- Con base a la caracterización físico-química de las formulaciones realizadas se determinó que los tratamientos que presentaron el contenido de proteína más elevado fueron el 12 (Fréjol blanco; 1,6% de proteína; 85 °C) y 11 (Fréjol blanco; 1,6% de proteína; 75 °C) con un valor del 41,45 y 39,30%, respectivamente. En cuanto a la fibra los tratamientos 2 (Arveja amarilla; 0% de proteína; 85 °C) y 6 (Arveja amarilla; 1,6% de proteína; 85 °C) presentaron el contenido más elevado con valores del 6,90 y del 6,70% respectivamente. El tratamiento 17 (Haba; 1,6% de proteína; 75 °C) presentó la mayor actividad de agua con un valor promedio de 0,98 y en el caso de la textura, los tratamientos no presentaron diferencias significativas en la dureza, fracturabilidad gomosidad y masticabilidad.
- Se determinó que los productos poseen una aceptabilidad sensorial similar en cuanto a la apariencia, el sabor y flavor, sin embargo, la muestra realizada con arveja+1,6% de proteína alcanzó la mayor aceptabilidad global.

RECOMENDACIONES

- Realizar ensayos de estabilidad para determinar la vida útil de los quesos veganos.
- Realizar ensayos de aceptabilidad sensorial mediante pruebas orientadas al consumidor, con el fin de proyectar el escalamiento de los quesos veganos a nivel de planta piloto.
- Debido a que los productos elaborados utilizando frejol presentaron el mayor contenido de proteína se recomienda utilizar frejol blanco variedad Fanesquero en elaboración de productos veganos.
- Se sugiere realizar un aislado proteico utilizando los granos de frejol de la variedad Fanesquero.
- Se recomienda utilizar arvejas variedad Roxana como materia prima debido a su elevado contenido de fibra a diferencia del resto de granos.
- Se propone realizar pruebas de elaboración utilizando concentraciones más elevadas de aislado proteico en productos veganos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Al-Ali, H. A., Shah, U., Hackett, M. J., Gulzar, M., Karakyriakos, E., & Johnson, S. K. (2021). Technological strategies to improve gelation properties of legume proteins with the focus on lupin. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 68, 102634.
<https://doi.org/10.1016/J.IFSET.2021.102634>
- Anderson, R. A., Conway, H. F., & Peplinski, A. J. (1970). Gelatinization of Corn Grits by Roll Cooking, Extrusion Cooking and Steaming. *Starch - Stärke*, 22(4), 130–135. <https://doi.org/10.1002/star.19700220408>
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). (1990). *Official methods of analysis* (15th ed., Vol. 1).
- Badui, S. (2006). Química de los alimentos. In P. Educación (Ed.), *Química de los alimentos* (Cuarta).
- Belitz, H., Grosch, W., & Schieberle, P. (2009). *Food chemistry* (Springer (ed.);

4th ed.).

Berrazaga, I., Micard, V., Gueugneau, M., & Walrand, S. (2019). The role of the anabolic properties of plant-versus animal-based protein sources in supporting muscle mass maintenance: a critical review. In *Nutrients* (Vol. 11, Issue 8). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/nu11081825>

Cárdenas, N., Romero, E., Salazar, J., Cevallos, C., & Ruiz, G. (2019). Análisis comparativo de la composición nutricional del chocho, quinua y soya, y su aplicación en la elaboración de harinas. *La Ciencia Al Servicio de La Salud y La Nutrición*, *10*, 260–270.

<http://revistas.esPOCH.edu.ec/index.php/cssn/article/view/265/228?fbclid=IwAR2Ue78wgbAZW5uBB1Q-h5GIg5YAWU7VuicURF7r3n6xbMh3RRrT3uTZ5u0>

Coffman, C., & García, V. (1977). Functional properties and amino acid content of protein isolate from mungbean flour. *Food Technology*, *12*(November), 473–484.

Cunha, C. R., Dias, A. I., & Viotto, W. H. (2010). Microstructure, texture, colour and sensory evaluation of a spreadable processed cheese analogue made with vegetable fat. *Food Research International*, *43*(3), 723–729.

<https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2009.11.009>

Cusworth, G., Garnett, T., & Lorimer, J. (2021). Legume dreams: The contested futures of sustainable plant-based food systems in Europe. *Global Environmental Change*, *69*, 102321.

<https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2021.102321>

D'Ambrosio, U., Garnatje, T., Gras, A., Parada, M., & Vallés, J. (2018). *Inventario Español de los Conocimientos Tradicionales relativos a la Biodiversidad Agrícola* (J. Tardío, M. Pardo de Santayana, R. Morales, M. Molina, & L. Aceituno (eds.); 1st ed., Vol. 1). Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

https://www.researchgate.net/publication/330353733_Pisum_sativum_L

De Simone, M., & Failde, V. (2002). *El cultivo de poroto en la República*

Argentina (p. 297).

- Farahmandfar, R., Tehrani, M. M., Razavi, S. M. A., & Najafi, M. B. H. (2011). Effect of Trisodium Citrate Concentration and Soy Cheese on Meltability of Pizza Cheese. *Http://Dx.Doi.Org/10.1080/10942910903367621*, 14(4), 697–707. <https://doi.org/10.1080/10942910903367621>
- Ferro Horque, R. (2004). Cultivo del Haba. *Repositorio.Inia.Gob.Pe*, 0(0), 1–52.
- Grasso, N., Roos, Y. H., Crowley, S. V., Arendt, E. K., & O'Mahony, J. A. (2021). Composition and physicochemical properties of commercial plant-based block-style products as alternatives to cheese. *Future Foods*, 4, 100048. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2021.100048>
- Grossmann, L., & McClements, D. J. (2021). The science of plant-based foods: Approaches to create nutritious and sustainable plant-based cheese analogs. *Trends in Food Science & Technology*, 118, 207–229. <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2021.10.004>
- Jeewanthi, R. K. C., & Paik, H. D. (2018). Modifications of nutritional, structural, and sensory characteristics of non-dairy soy cheese analogs to improve their quality attributes. In *Journal of Food Science and Technology* (Vol. 55, Issue 11, pp. 4384–4394). Springer. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3408-3>
- Kamath, R., Basak, S., & Gokhale, J. (2022). Recent trends in the development of healthy and functional cheese analogues-a review. *LWT*, 155. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2021.112991>
- Kroling, I., Canuto, S. H. R., Brito, K. S. de, & Stieven, A. C. (2018). Quantificação De Proteínas Provenientes Em Alimentos Típicos Do Estado De Mato Grosso. *Connection Line - Revista Eletrônica Do Univag*, 0(18), 148–157. <https://doi.org/10.18312/1980-7341.n18.2018.827>
- Lemken, D., Spiller, A., & Schulze-Ehlers, B. (2019). More room for legume – Consumer acceptance of meat substitution with classic, processed and meat-resembling legume products. *Appetite*, 143, 104412. <https://doi.org/10.1016/J.APPET.2019.104412>

- Mariotti, F. (2017). *Vegetarian and Plant-Based Diets in Health and Disease Prevention - 1st Edition* (Vol. 1). Academic Press.
<https://www.elsevier.com/books/vegetarian-and-plant-based-diets-in-health-and-disease-prevention/mariotti/978-0-12-803968-7>
- Márquez-Villacorta, L., Pretell-Vásquez, C., & Hayayumi-Valdivia, M. (2021). Functional beverage design based on fresh milk, tarwi (*Lupinus mutabilis*) beverage and oatmeal (*avena sativa*). *Revista Chilena de Nutricion*, 48(4), 490–499. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182021000400490>
- Masotti, F., Cattaneo, S., Stuknyté, M., & De Noni, I. (2018). Status and developments in analogue cheese formulations and functionalities. *Trends in Food Science & Technology*, 74, 158–169.
<https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2018.02.016>
- Mattice, K. D., & Marangoni, A. G. (2020). Physical properties of plant-based cheese products produced with zein. *Food Hydrocolloids*, 105, 105746.
<https://doi.org/10.1016/J.FOODHYD.2020.105746>
- Miranda-Villa, P. P., Marrugo-Ligardo, Y. A., & Montero-Castillo, P. M. (2013a). Caracterización funcional del almidón de fríjol Zaragoza (*Phaseolus Lunatus* L.) y cuantificación de su almidón resistente. *TecnoLógicas*, 30, 17.
<https://doi.org/10.22430/22565337.80>
- Miranda-Villa, P. P., Marrugo-Ligardo, Y. A., & Montero-Castillo, P. M. (2013b). Caracterización funcional del almidón de fríjol Zaragoza (*Phaseolus Lunatus* L.) y cuantificación de su almidón resistente. *TecnoLógicas*, 30, 17.
<https://doi.org/10.22430/22565337.80>
- Morales, J. J., Restrepo, D., & Acevedo, D. (2012). Propiedades funcionales de aislados proteicos de leguminosas. *ReCiTeIA.*, 11(2), 23–30.
https://books.google.com.ec/books/about/Propiedades_funcionales_de_aislados_prot.html?id=-Z1IEIz4U6sC&redir_esc=y%0Ahttps://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=-Z1IEIz4U6sC&oi=fnd&pg=PA23&dq=concentrados+y+aislados+proteicos+

leguminosas&ots=Bu9pFZwsJ5&

- Mulla, M. Z., Subramanian, P., & Dar, B. N. (2022). Functionalization of legume proteins using high pressure processing: Effect on technofunctional properties and digestibility of legume proteins. *LWT*, *158*, 113106. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2022.113106>
- Murillo, Á., Peralta, E., Mazón Nelson, & Pinzón José. (2004). *INIAP 425 Blanco "Fanesquero" Variedad mejorada de fréjol arbustivo para consumo en grano tierno.*
- Nikbakht, M., Sedaghat Doost, A., & Mezzenga, R. (2021). Modification approaches of plant-based proteins to improve their techno-functionality and use in food products. In *Food Hydrocolloids* (Vol. 118, p. 106789). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.106789>
- Ninaquispe, V. P. (2014). Secado del tarwi (*Lupinus mutabilis*) por combinación de microondas y aire caliente. *Agroindustrial Science*, *3*(2), 147–154.
- Noguerol, A. T., Pagán, M. J., García-Segovia, P., & Varela, P. (2021). Green or clean? Perception of clean label plant-based products by omnivorous, vegan, vegetarian and flexitarian consumers. *Food Research International*, *149*, 110652. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2021.110652>
- Peralta, E., Murillo, Á., Minchala, L., & Pinzón, J. (1997). Variedades mejoradas de arveja (*Pisum sativum* L.) de tipo decumbente para la sierra ecuatoriana. In *Estación Experimental: E.E. Santa Catalina*. <http://181.112.143.123/bitstream/41000/2827/1/iniapsc322est.pdf>
- Peralta, E., Vásquez, J., Mora, E., & Pinzón, J. (1994). Haba INIAP 440-Quitumbe, variedad de haba mejorada para la sierra ecuatoriana. *INIAP*. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2566/1/iniapscpl139.pdf>
- Quicazán, M. C., Sandoval, A., & Padilla, G. (2017). Evaluación de la fermentación de bebida de soya con un cultivo láctico. *Revista Colombiana de Biotecnología*, *3*(2), 92–99.
- Rojas Allende, D., Figueras Díaz, F., & Durán Agüero, S. (2017). Ventajas y

desventajas nutricionales de ser vegano o vegetariano. *Revista Chilena de Nutricion*, 44(3), 218–225. <https://doi.org/10.4067/s0717-75182017000300218>

Semba, R. D., Ramsing, R., Rahman, N., Kraemer, K., & Bloem, M. W. (2021). Legumes as a sustainable source of protein in human diets. *Global Food Security*, 28, 100520. <https://doi.org/10.1016/J.GFS.2021.100520>

Sokolowski, C. M., Higgins, S., Vishwanathan, M., & Evans, E. M. (2020). The relationship between animal and plant protein intake and overall diet quality in young adults. *Clinical Nutrition*, 39(8), 2609–2616. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2019.11.035>

Swinkles, J. J. M. (1985). Sources of starch, its chemistry and physics. In *Food science and technology textbook series* (Vol. 14, pp. 15–47). <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US8719400>

Tkaczewska, J., Jamróz, E., Zając, M., Guzik, P., Derbew Gedif, H., Turek, K., & Kopeć, M. (2022). Antioxidant edible double-layered film based on waste from soybean production as a vegan active packaging for perishable food products. *Food Chemistry*, 400, 134009. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134009>

Ulloa, J. A., Rosas-Ulloa, P., Ramírez-Ramírez, J. C., & Rangel-Ulloa, B. E. (2012). Producción de aislados proteicos a partir de subproductos industriales. *Nueva Época*, 4(11), undefined-undefined. https://www.mendeley.com/catalogue/f1cf49ca-68b0-33cc-a794-a0e229d736c1/?utm_source=desktop&utm_medium=1.19.8&utm_campaign=open_catalog&userDocumentId=%7Ba9304f41-6409-3a1d-ab27-af7a1d6dd397%7D

Villacrés, E. (2001). *Obtención de un hidrolizado enzimático de alta funcionalidad a partir del chocho (Lupinus mutabilis Sweet)*. Escuela Politécnica Nacional.

Villacrés, E., Rubio, A., Egas, / Luis, Segovia, G., Nacional, I., Del, J., & Quito-Ecuador, /. (2006). *Boletín Divulgativo N° 333 Proyecto PFN-03-060 “Usos*

alternativos del Chocho.”

Watts, B. M., Ylimaki, G. L., Jeffery, L. E., & Elías, L. G. (1992). *Métodos sensoriales básicos: Para el análisis de alimentos*. 184.

https://www.academia.edu/5193414/Métodos_sensoriales_básicos_para_la_evaluación_de_alimentos

ANEXOS

Anexo 1. Metodología empleada en la investigación

1.1 Contenido de grasa

Se procedió a pesar 2 gramos de cada muestra y a colocarlos en un sobre de papel filtro Whatman dentro de un vaso de precipitación de 150 ml el cual fue previamente pesado vacío y se le colocó 100 ml de hexano y se selló con el propósito de evitar la evaporación del hexano. Las muestras se dejaron reposar durante 3 días y finalmente se dejó evaporar el hexano restante dentro de la estufa a 105 °C durante una hora, se retiró los sobres con muestra y se procedió a pesar, determinándose el contenido de grasa con la siguiente fórmula:

$$\% G = \frac{V_m - V_o}{P_m} \times 100$$

Donde:

% G= Porcentaje de grasa

V_m= Vaso con muestra extraída

V_o= Vaso vacío

P_m= Peso de la muestra

1.2. Contenido de proteína

Se procedió a pesar 0,15 gramos de la muestra y 1 gramo de catalizador dentro de un matraz de Kjendahl al que se le añadió 2ml de ácido sulfúrico al 98% y se llevó a digerir durante una hora y media. Una vez finalizado este tiempo se procedió a enfriar la muestra, se añadió 7 ml de agua destilada. Posteriormente se procede a realizar la destilación de la muestra llenando un vaso con 10 ml de ácido bórico al 2% e indicador, este fue el vaso receptor de la muestra, se recogieron 50 ml aproximadamente de destilado, finalmente se procedió a determinar el nitrógeno total realizando una titulación con HCL 0,1 N el cual fue vertido en la muestra mediante una bureta hasta que la muestra cambió de color, el volumen gastado permitió calcular el contenido de nitrógeno y posteriormente el contenido de proteína mediante el uso de la siguiente ecuación:

$$\text{Contenido de proteína} = \frac{\text{titulación ml} \times 0,1 \text{ Eq} \times 14 \times 100 * 6,25 * 100}{1\text{L} \times 0,15\text{g} \times \text{Eq} \times 1000 \text{ ml}}$$

1.3. Contenido de fibra

Se pesó 2 gramos de la muestra en un vaso de precipitación de 600 ml, a lo cual se le añadió 200 ml de ácido sulfúrico al 7 por mil y se sometió a digestión a 100 °C durante un periodo de media hora para posteriormente retirar la muestra y colocar 20 ml de hidróxido de sodio al 22%, se continuó con la digestión de la muestra durante media hora más a 70 °C de temperatura. Una vez transcurrido este tiempo se llenó un crisol hasta la mitad utilizando lana de vidrio y se vertió la mezcla digerida realizado un lavado de la misma con agua destilada caliente, se realizó un segundo lavado empleando 100 ml de ácido sulfúrico al 7 por mil, seguido de un tercer lavado con 20 ml de hexano y un lavado final con agua destilada. Finalmente se secó la muestra durante 9 horas a 105 °C, se pesó y se incineró durante 4 horas a 600 °C. El contenido de fibra se determinó usando la siguiente fórmula:

$$F = \frac{P_{cf} - P_{cc}}{P_m} \times 100$$

Donde:

F= Porcentaje de fibra

P_{cf}= Peso de crisol secado a 105 °C

P_{cc}= Peso de crisol después de la incineración a 600 °C

P_m= Peso de la muestra

1.4. Contenido de ceniza

Se pesó 2 gramos de la muestra y se colocó en crisoles tarados, la muestra se incineró por un periodo de 8 horas a 600 °C, una vez transcurrido este tiempo se retiró las muestras de la mufla y se las dejó enfriar en un desecador para posteriormente pesar los crisoles. El contenido de ceniza se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$\% C = \frac{C_m - C_o}{P_m} \times 100$$

Donde:

% C= Porcentaje de ceniza

C_m= Peso de crisol con muestra

C_o= Peso de crisol vacío

P_m= Peso de la muestra

1.5. Contenido de humedad

Se pesó 2 gramos de la muestra y se colocó en recipientes de aluminio los cuales ya fueron previamente pesados y se dejó secar la muestra durante 8 horas en la estufa a 105 °C, una vez transcurrido este tiempo se procedió a dejar enfriar las muestras en el desecador y se pesó, obteniendo el contenido de humedad con la siguiente ecuación:

$$\% H = \frac{R_m - R_o}{P_m} \times 100$$

Donde:

%H= Porcentaje de humedad

R_m= Peso de recipiente con muestra

R_o= Peso de recipiente vacío

P_m= Peso de la muestra

1.6. Almidón total

Se pesó 250 mg de la muestra y se colocó en un tubo de centrífuga junto con 15 ml de agua destilada. Posteriormente se colocó 100 µl de la enzima Termamyl L y se mezcló utilizando un imán magnético para luego colocar los tubos en un baño de agua hirviendo durante 15 minutos y se mezcló cada 5 minutos. Sin dejar de agitar se dejó enfriar la mezcla para colocarla en un vaso de precipitación de 25ml

cuyo volumen fue aforado utilizando agua destilada, se tomó 1 ml de la muestra diluida a tubos de ensayo y se agregó 2ml de buffer de acetato de sodio. Posteriormente se añadió 50 µl de la enzima amiloglucosidasa y se pasó a incubar la muestra durante 30 minutos a 60 °C volviendo a mezclar cada 5 minutos, una vez transcurrido este tiempo se transfirió la muestra a un vaso de precipitación de 100 ml el cual fue aforado a su volumen utilizando agua destilada y se procedió a transferir 1 ml de esta dilución a un tubo de centrífuga junto con 1 ml de agua destilada y junto con 4ml de reactivo glucosa oxidasa, se volvió a incubar la muestra durante 60 minutos a 37 °C mezclando en intervalos de 30 minutos. Finalmente se centrifugó la muestra durante 10 minutos a 3000 rpm y se procedió a leer las muestras en el espectrofotómetro calibrado con una longitud de onda de 450 nm. Se empleó la siguiente ecuación:

$$\text{Almidón total} = \frac{\text{lectura espectrofotómetro} \times 10^{-3} \times 25 \times 100 \times 0,9}{\text{Peso de la muestra (mg)}} \times 100$$

1.7. Contenido de amilosa

Se pesó 80 mg de la muestra de almidón y se añadió 10 ml de solución urea-dimetilsulfóxido DMSO y se sometió a secado durante una hora a 100 °C en agitación constante, una vez enfriada la muestra se procedió a tomar 0,5 ml a los cuales se les añadió 5 ml de etanol al 99,5% para posteriormente centrifugar durante 30 minutos a 2000 rpm y el sobrenadante fue descartado. Al material residual se le colocó 1 ml de la solución de urea-DMSO y se llevó a secar durante 30 minutos a 100 °C, una vez transcurrido este tiempo se colocó 25 mL de agua destilada, y 1 mL de I2/IK. Finalmente se realizó la lectura en el espectrofotómetro a 635 nm y se aplicó la siguiente ecuación:

$$\text{Almilosa} = \frac{\text{lectura espectrofotómetro} \times 50}{100 \times 0,55}$$

1.8. Propiedades funcionales del almidón

Se preparó 40 ml de suspensión al 1% (p/v) en un tubo de 50 ml el cual fue aforado y posteriormente sometido a calor constante en una temperatura de 60-90 °C durante 30 minutos seguido por una centrifugación durante 15 minutos a 2500

rpm, el sobrenadante fue separado y se pesó el contenido del tubo. Se secó 10 ml del sobrenadante durante 4 horas a 120 °C. Se aplicaron las siguientes fórmulas:

$$\%S = \frac{\text{Peso almidón soluble} \times 400}{\text{Peso muestra}}$$

$$PH = \frac{\text{Peso sedimento}}{\text{Peso muestra} \times (100 - \%S)} \times 100$$

$$CRA = \frac{\text{Peso gel (gramos)}}{\text{Peso muestra (gramos)}}$$

1.9. Solidos totales

Se colocó 10 ml de muestra en un vaso de precipitación previamente tarado y pesado con y sin muestra y se procedió a secar su contenido en la estufa a 105 °C, posteriormente se dejó enfriar la muestra y se aplicó la siguiente ecuación:

$$\text{Humedad} = \frac{Mm - Mo}{Pm} \times 100$$

Donde:

Mm= Peso de recipiente con muestra

Mo= Peso de recipiente vacío

Pm= Peso de la muestra

$$\text{Solidos totales} = (100 - \text{Humedad de la muestra})$$

Anexo 2. Análisis de varianza \pm desviación estándar de la investigación

2.1. Análisis proximal \pm desviación de los granos de frejol, haba y arveja.

Fuente	Grasa	Proteína	Fibra	Ceniza	Carbohidratos	Humedad
Grano	*	*	*	*	*	*
Haba	3,52 \pm 0,0 6 ^a	26,54 \pm 1,7 a	2,95 \pm 0,3 3 ^b	2,47 \pm 0,03 b	64,52 \pm 0,84 ^b	88,79 \pm 0,1 9 ^a
Frejol	2,17 \pm 0,0 8 ^b	26,83 \pm 0,5 9 ^a	2,95 \pm 0,6 0 ^b	3,77 \pm 0,20 a	64,28 \pm 0,27 ^b	86,08 \pm 0,4 2 ^b
Arveja	1,43 \pm 0,1 3 ^c	19,19 \pm 0,1 5 ^b	9,13 \pm 1,0 3 ^a	64,28 \pm 0,2 7 ^b	67,86 \pm 1,06 ^a	88,14 \pm 0,3 1 ^a
F	194,54	100,59	100,59	91,02	18,85	59,38
P	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0026	<0,0001

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes (Tukey; $p > 0,05$).

NS, no significante; *, significante a $p \leq 0,05$.

2.2. Análisis de varianza \pm desviación estándar del contenido de almidón, amilosa y propiedades funcionales del almidón de los granos de haba, frejol y arveja.

Fuente	Almidón%	Amilosa%	Temperatura de gelatinización °C	Índice de absorción de agua	Índice de solubilidad en agua	Poder de hinchamiento
Grano	*	*	*	*	*	*
Haba	47,51 \pm 0,76 ^a	32,87 \pm 0,17 ^a	60 \pm 0,00 ^a	2,27 \pm 0,21 ^b	11,24 \pm 0,04 ^a	2,31 \pm 0,01 ^b
Frejol	42,67 \pm 0,18 ^b	30,79 \pm 0,33 ^b	67,33 \pm 0,58 ^b	3,25 \pm 0,10 ^a	10,94 \pm 0,66 ^a	3,76 \pm 0,14 ^a
Arveja	42,68 \pm 0,20 ^b	29,73 \pm 0,52 ^c	64,33 \pm 0,58 ^b	2,22 \pm 0,01 ^b	7,96 \pm 0,04 ^b	2,41 \pm 0,01 ^b
F	109,18	55,93	183,50	68,81	183,50	318,59
P	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes (Tukey; $p > 0,05$). NS, no significante; *, significante a $p \leq 0,05$.

2.3. Análisis de varianza \pm desviación estándar de la caracterización físico-química de los análogos veganos de queso fresco.

Fuente	Grasa	Proteína	Fibra	Ceniza	Carbohidratos	Humedad	Actividad de agua
Tratamiento	*	*	*	*	*	*	*
T1	8,30 \pm 0,5 3 ^{c-f}	24,87 \pm 0,0 8 ^f	6,45 \pm 0,0 5 ^{a-c}	5,47 \pm 0,5 5 ^{ab}	54,92 \pm 0,10 ^a b	30,20 \pm 0, 82 ^{cd}	0,94 \pm 0,0 0 ^e
T2	7,83 \pm 0,5 5 ^{d-g}	25,52 \pm 0,1 5 ^f	6,90 \pm 0,3 a	5,50 \pm 0,1 0 ^{ab}	54,24 \pm 0,63 ^a -c	30,73 \pm 0, 78 ^{b-d}	0,94 \pm 0,0 0 ^e
T3	8,33 \pm 0,0 6 ^{c-f}	25,81 \pm 0,1 5 ^{d-f}	6,30 \pm 0,2 0 ^{b-d}	5,77 \pm 0,2 3 ^a	53,79 \pm 0,50 ^a -c	30,33 \pm 1, 0 ^{cd}	0,95 \pm 0,0 1 ^{c-e}
T4	9,50 \pm 0,2 6 ^{ab}	25,52 \pm 0,1 5 ^{ef}	6,70 \pm 0,3 0 ^{ab}	4,75 \pm 0,4 5 ^b	53,53 \pm 0,45 ^a -d	31,63 \pm 0, 25 ^{a-d}	0,96 \pm 0,0 1 ^{a-c}
T5	7,87 \pm 0,4 d-g	27,49 \pm 0,2 2 ^{b-f}	6,15 \pm 0,0 5 ^{b-d}	5,50 \pm 0,2 0 ^{ab}	52,85 \pm 0,13 ^a -e	30,07 \pm 0, 22 ^{cd}	0,96 \pm 0,0 3 ^{c-e}
T6	9,10 \pm 0,7 5 ^{bc}	27,63 \pm 0,2 2 ^{cdef}	6,70 \pm 0,2 a	5,03 \pm 0,1 5 ^{ab}	51,58 \pm 0,69 ^c -g	29,87 \pm 0, 65 ^d	0,95 \pm 0,0 1 ^{c-e}
T7	7,67 \pm 0,2 9 ^{e-g}	28,73 \pm 0,1 5 ^{b-f}	3,25 \pm 0,3 5 ^{c-f}	5,20 \pm 0,4 0 ^{ab}	55,15 \pm 0,55 ^a b	30,00 \pm 0, 87 ^{cd}	0,95 \pm 0,0 1 ^{de}
T8	6,57 \pm 0,4 g	32,10 \pm 0,0 3 ^{a-e}	3,30 \pm 0,3 0 ^{c-f}	5,50 \pm 0,1 0 ^{ab}	52,54 \pm 0,20 ^a -f	31,20 \pm 0, 72 ^{a-d}	0,95 \pm 0,0 1 ^{c-e}
T9	7,63 \pm 0,2 1 ^{d-g}	28,73 \pm 0,1 5 ^{b-f}	3,10 \pm 0,2 0 ^{c-f}	5,30 \pm 0,0 0 ^{ab}	55,24 \pm 0,24 ^a b	32,97 \pm 0, 47 ^{ab}	0,95 \pm 0,0 0 ^{c-e}
T10	7,03 \pm 0,2 1 ^{fg}	27,56 \pm 0,1 5 ^{c-f}	2,75 \pm 0,0 5 ^f	5,20 \pm 0,4 0 ^{ab}	57,45 \pm 0,64 ^a	33,47 \pm 0, 18 ^a	0,95 \pm 0,0 1 ^{c-e}
T11	8,10 \pm 0,1 7 ^{d-f}	39,30 \pm 0,2 2 ^a	3,45 \pm 0,2 5 ^{b-f}	5,77 \pm 0,2 1 ^a	43,38 \pm 0,46 ^f g	32,20 \pm 0, 61 ^{a-c}	0,95 \pm 0,0 1 ^{c-e}
T12	7,30 \pm 0,1 0 ^{e-g}	41,45 \pm 0,1 9 ^a	3,05 \pm 0,0 5 ^{d-f}	5,97 \pm 0,0 6 ^a	42,23 \pm 0,19 g	30,10 \pm 0, 40 ^{cd}	0,96 \pm 0,0 0 ^{b-d}
T13	7,93 \pm 0,6 8 ^{d-f}	32,67 \pm 0,2 9 ^{a-d}	3,10 \pm 0,5 0 ^{d-f}	5,93 \pm 0,3 8 ^a	50,36 \pm 0,96 ^c -g	30,20 \pm 0, 95 ^{cd}	0,96 \pm 0,0 1 ^{a-c}
T14	8,43 \pm 0,2 5 ^{c-e}	33,5 \pm 0,09 ^a b	2,75 \pm 0,0 5 ^f	5,57 \pm 0,4 9 ^{ab}	52,31 \pm 0,29 b-g	30,77 \pm 0, 15 ^{b-d}	0,96 \pm 0,0 1 ^{b-e}
T15	8,63 \pm 0,7 6 ^{bcd}	32,77 \pm 0,1 7 ^{a-d}	2,90 \pm 0,1 0 ^{ef}	5,07 \pm 0,5 0 ^{ab}	50,63 \pm 0,60 ^c -g	31,07 \pm 0, 31 ^{b-d}	0,97 \pm 0,0 1 ^{a-c}
T16	8,53 \pm 0,2 1 ^{c-e}	33,02 \pm 0,0 7 ^{a-c}	2,75 \pm 0,1 5 ^f	5,30 \pm 0,1 0 ^{ab}	50,39 \pm 0,18 ^c -g	30,70 \pm 0, 95 ^{b-d}	0,97 \pm 0,0 0 ^{ab}
T17	8,93 \pm 0,1 5 ^{b-d}	32,81 \pm 0,1 5 ^{a-c}	3,60 \pm 0,0 b-f	5,07 \pm 0,4 0 ^{ab}	49,59 \pm 0,67 d-g	30,53 \pm 0, 21 ^{cd}	0,98 \pm 0,0 0 ^a
T18	10,43 \pm 0,64 ^a	33,94 \pm 9,2 6 ^{ab}	3,70 \pm 0,2 0 ^{b-e}	5,33 \pm 0,2 1 ^{ab}	47,03 \pm 0,63 ^e -g	30,80 \pm 0, 44 ^{b-d}	0,95 \pm 0,0 1 ^{c-e}
F	13,46	52,24	48,15	3,22	51,85	5,44	33,16
P	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0016	<0,0001	<0,0001	<0,0049

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes (Tukey; $p > 0,05$).

NS, no significativa; *, significativa a $p \leq 0,05$.

2.4. Análisis de varianza ± desviación estándar del perfil de textura de los análogos veganos de queso fresco.

Fuente	Dureza (g)	Fracturabilidad (g)	Adhesividad (g/s)	Elasticidad y cohesividad	Gomosidad	Masticabilidad
Tratamiento	NS	NS	*	NS	NS	NS
T1	2,27±0,12 ^a	2,27±0,12 ^a	7,54±0,33 ^{a-c}	1±0,00 ^a	2,27±0,12 ^a	2,27±0,12 ^a
T2	2,24±0,03 ^a	2,24±0,03 ^a	7,44±0,14 ^{a-d}	1±0,00 ^a	2,24±0,03 ^a	2,24±0,03 ^a
T3	2,18±0,04 ^a	2,18±0,04 ^a	6,32±0,33 ^{a-e}	1±0,00 ^a	2,18±0,04 ^a	2,18±0,04 ^a
T4	2,18±0,04 ^a	2,18±0,04 ^a	6,54±0,30 ^{a-e}	1±0,00 ^a	2,18±0,04 ^a	2,18±0,04 ^a
T5	2,32±0,02 ^a	2,32±0,02 ^a	5,49±0,15 ^{b-f}	1±0,00 ^a	2,32±0,02 ^a	2,32±0,02 ^a
T6	2,29±0,06 ^a	2,29±0,06 ^a	5,54±0,42 ^{a-f}	1±0,00 ^a	2,29±0,06 ^a	2,29±0,06 ^a
T7	2,18±0,11 ^a	2,18±0,11 ^a	2,63±0,03 ^{fg}	1±0,00 ^a	2,18±0,11 ^a	2,18±0,11 ^a
T8	2,21±0,10 ^a	2,21±0,10 ^a	2,69±0,06 ^{fg}	1±0,00 ^a	2,21±0,10 ^a	2,21±0,10 ^a
T9	2,25±0,09 ^a	2,25±0,09 ^a	6,79±0,63 ^{a-e}	1±0,00 ^a	2,25±0,09 ^a	2,25±0,09 ^a
T10	2,29±0,46 ^a	2,29±0,46 ^a	5,75±0,43 ^{a-f}	1±0,00 ^a	2,29±0,46 ^a	2,29±0,46 ^a
T11	2,27±0,09 ^a	2,27±0,09 ^a	8,86±0,50 ^{ab}	1±0,00 ^a	2,27±0,09 ^a	2,27±0,09 ^a
T12	2,29±0,16 ^a	2,29±0,16 ^a	10,81±0,84 ^a	1±0,00 ^a	2,29±0,16 ^a	2,29±0,16 ^a
T13	2,43±0,46 ^a	2,43±0,46 ^a	2,39±0,09 ^g	1±0,00 ^a	2,43±0,46 ^a	2,43±0,46 ^a
T14	2,09±0,03 ^a	2,09±0,03 ^a	3,64±0,04 ^{d-g}	1±0,00 ^a	2,09±0,03 ^a	2,09±0,03 ^a
T15	2,19±0,07 ^a	2,19±0,07 ^a	2,96±0,03 ^{e-g}	1±0,00 ^a	2,19±0,07 ^a	2,19±0,07 ^a
T16	2,07±0,01 ^a	2,07±0,01 ^a	2,72±0,14 ^{fg}	1±0,00 ^a	2,07±0,01 ^a	2,07±0,01 ^a
T17	2,11±0,10 ^a	2,11±0,10 ^a	3,87±0,09 ^{c-g}	1±0,00 ^a	2,11±0,10 ^a	2,11±0,10 ^a
T18	2,12±0,04 ^a	2,12±0,04 ^a	2,67±0,03 ^{fg}	1±0,00 ^a	2,12±0,04 ^a	2,12±0,04 ^a
F	26,72	26,72	51,83	-	26,72	26,72
P	<0,0622	<0,0622	<0,0001	-	<0,0622	<0,0622

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes (Tukey; p>0,05).

NS, no significante; *, significante a p≤0,05.

2.5. Aceptabilidad sensorial \pm desviación estándar del análisis proximal de los tratamientos seleccionados para la elaboración de análogos veganos de queso fresco, a partir de arveja, fréjol y haba.

Fuente	Apariencia (1-10)	Olor (1-10)	Sabor (1-10)	Flavor (1-10)	Aceptabilidad general (1-10)
Grano	NS	*	NS	NS	*
T6	7,88 \pm 2,25 ^a	6,06 \pm 1,35 ^{ab}	6,97 \pm 2,34 ^a	6,67 \pm 1,49 ^a	8,18 \pm 1,17 ^a
T12	8,79 \pm 1,68 ^a	7,27 \pm 2,01 ^b	5,46 \pm 1,69 ^a	5,46 \pm 1,59 ^a	5,54 \pm 1,75 ^b
T18	9,39 \pm 0,50 ^a	7,88 \pm 1,68 ^a	6,97 \pm 2,77 ^a	6,67 \pm 2,67 ^a	6,56 \pm 1,57 ^{ab}
F	1,86	3,41	1,36	1,07	6,98
P	0,018	0,05	0,28	0,36	0,0050

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes (Tukey; $p > 0,05$).

NS, no significante; *, significante a $p \leq 0,05$.

Anexo 3. Escala hedónica utilizada durante el análisis organoléptico

Muestra	Apariencia	Olor	Sabor	Flavor	Aceptabilidad general
T6					
T12					
T18					

Favor marque la casilla con puntaje del 1-10.

Anexo 4. Certificado antiplagio



Document Information

Analyzed document Elisa Jaramillo tesis para validacion
antiplagio.pdf (D143237246) Submitted 2022-08-25 2:21:00

Submitted by

Submitter email clara.villacres4422@utc.edu.ec

Similarity 3%

Analysis address clara.villacres4422.utc@analysis.arkund.com

Sources included in the report

SA

TrabajodeTitulacion.GRANDES VICTORIA.docx

Document TrabajodeTitulacion.GRANDES VICTORIA.docx (D128178836)



SA

TESIS ZAPATA FELIPE URKUND.docx

Document TESIS ZAPATA FELIPE URKUND.docx (D143200966)



SA

borrador correccion.pdf

Document borrador



correccion.pdf (D29620812)5

Entire Document

Quito, agosto, 25, 2022

Clara Elena Villacrés Poveda, PhD
C.C. 1801504422

Anexo 5. Fotografías tomadas durante la investigación



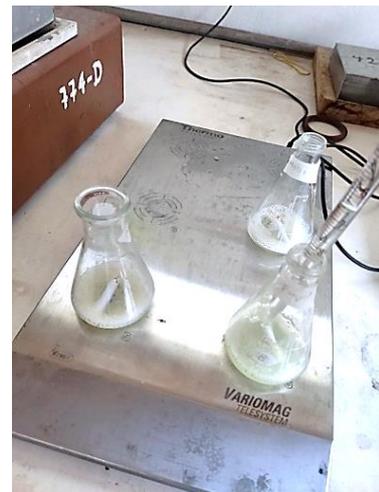
Fotografía 1: Muestras dentro de biodigestor.



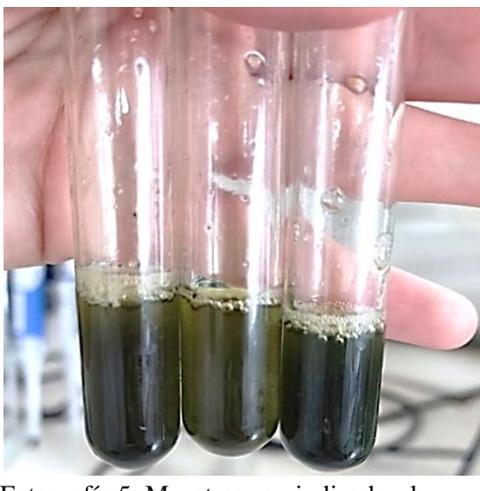
Fotografía 2: Muestras dentro de hexano.



Fotografía 3: Muestras dentro de mufla.



Fotografía 4: Muestras agitándose para análisis.



Fotografía 5: Muestras con indicador de yodo.



Fotografía 6: Muestras para análisis de fibra.



Fotografía 7: Muestras para análisis de almidón.



Fotografía 8: Leche de chocho en viscosímetro.



Fotografía 9: Leche de chocho en picnómetro.



Fotografía 10: Sólidos totales leche de chocho



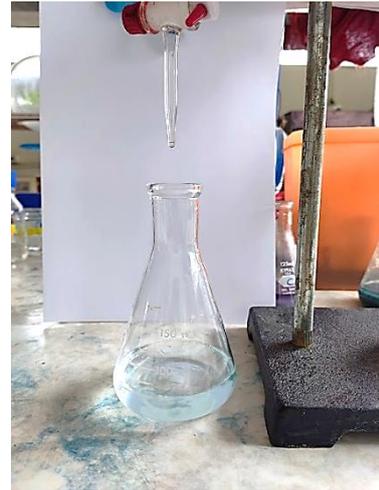
Fotografía 11: Leche de chocho



Fotografía 12: Muestra de proteína destilándose



Fotografía 13: Muestra de fibra filtrándose.



Fotografía 14: Muestra de proteína.



Fotografía 15: Muestras dentro de estufa.



Fotografía 16: Muestras de ceniza.



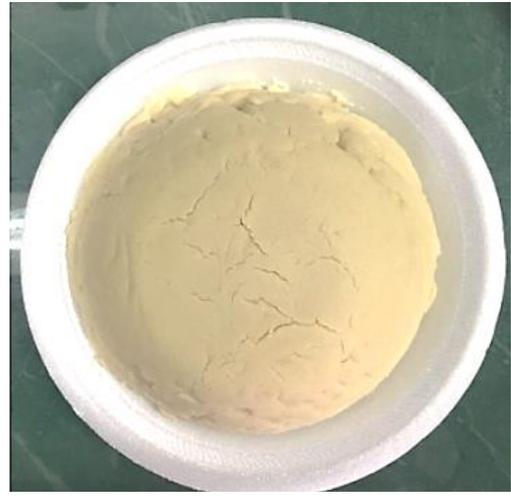
Fotografía 17: Actividad de agua.



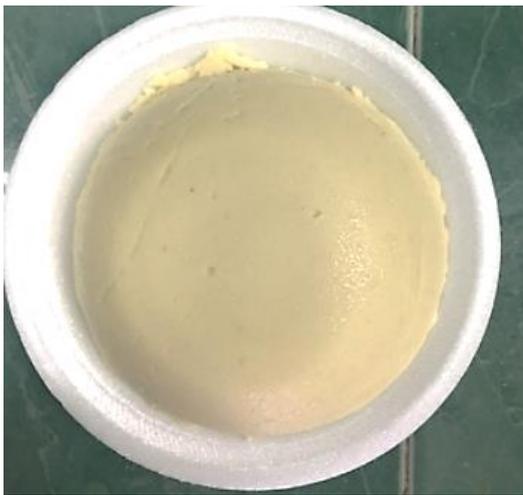
Fotografía 18: Análisis de textura



Fotografía 19: Análogo vegano de arveja.



Fotografía 20: Análogo vegano de frejol.



Fotografía 21: Análogo vegano de haba.



Fotografía 22: Análisis organoléptico.