

UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



Tesis en formato de artículo científico
Efecto de coagulantes de origen vegetal sobre las características fisicoquímicas y sensoriales
del queso

Presentado por:

María del Carmen Barreto Prado

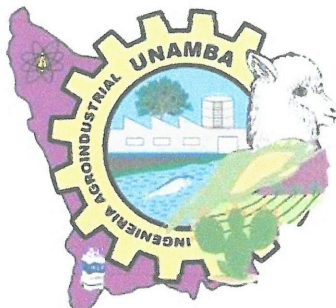
Para optar el título de Ingeniero Agroindustrial

Abancay, Perú

2025



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



TESIS EN FORMATO DE ARTÍCULO CIENTÍFICO

Efecto de coagulantes de origen vegetal sobre las características fisicoquímicas y sensoriales del queso

Presentado por **María del Carmen Barreto Prado**, para optar el título de Ingeniero Agroindustrial

Sustentado y aprobado el 17 de diciembre del 2025 ante el jurado evaluador:

Presidente:

Dra. Cándida López Loayza

Primer miembro:

Dr. Alex Ernesto Muñoz Cáceres

Segundo miembro:

M. Sc. Jinmer Bravo Apaza

Asesores:

PhD. Fulgencio Vilcanqui Pérez

M. Sc. Luis Fernando Pérez Falcón




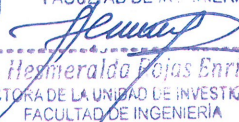
"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD N° 295-2025

La Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, a través de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería declara que, la Tesis en formato de artículo científico intitulada: **Efecto de coagulantes de origen vegetal sobre las características fisicoquímicas y sensoriales del queso**, presentada por la Bach. **María del Carmen Barreto Prado**, para optar el Título de **Ingeniero Agroindustrial**; ha sido sometido a un mecanismo de evaluación y verificación de similitud, a través del Software Turnitin, siendo el índice de similitud **ACEPTABLE de (8%)** por lo que, cumple con los criterios de originalidad establecidos por la Universidad.

Abancay, 10 de diciembre del 2025

Atentamente,


UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS
FACULTAD DE INGENIERÍA

Dra. Hermeralda Rojas Enriquez
DIRECTORA DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA

C. c.
Archivo
REG. N° 998



Agradecimiento

Deseo expresar mi más profundo y sincero agradecimiento a mis padres, Javier Barreto Pío y Rosa María Prado Huamaní, por su amor incondicional, su ejemplo de fortaleza y por ser el pilar que ha sostenido cada uno de mis pasos durante este camino académico. A mis hermanos y sobrinos, por su compañía, comprensión y apoyo constante.

A mi pareja, Cristian Abner Cuellar Morales, gracias por su paciencia, motivación y por acompañarme con cariño en cada etapa de este proceso. Extiendo también mi gratitud a mis asesores, PhD. Fulgencio Vilcanqui Pérez y Dr. Luis Fernando Pérez Falcón, por su guía, dedicación y valiosos aportes, que han sido fundamentales para la culminación de esta tesis.

A todos ustedes, gracias por creer en mí y por formar parte de este logro.



Dedicatoria

A mi padre, Javier Barreto Pío quien siempre está a mi lado para ser mi fortaleza, guía y apoyo incondicional, por sus sacrificios, amor y sabios consejos, a mi madre Rosa María Prado Huamaní, quien desde el cielo sigue iluminando mi camino. Cada paso que doy, cada meta alcanzada y cada sueño cumplido llevan su amor, sus enseñanzas y la fuerza que me dejó. Esta dedicatoria es un abrazo al cielo, con la certeza de que sigue conmigo, guiándome como siempre lo hizo.

A mis queridos hermanos Carlos, Rosa, Patricia, Cristina y Karina, que han sido mi sostén, mi fuerza y mi hogar en esta vida. Gracias por su cariño, por sus palabras en los momentos precisos y por acompañarme siempre, aun en la distancia o el silencio.

A mi pareja, Cristian Abner Cuellar Morales, por ser mi refugio y mi compañero, por creer en mí incluso en mis días más difíciles y por sostenerme con amor cuando pensé que no podía más. Gracias por caminar conmigo, por tu paciencia y por tu luz.

A todos ustedes, con el corazón lleno de gratitud, les entrego este logro que también es suyo.



Efecto de coagulantes de origen vegetal sobre las características fisicoquímicas y sensoriales
del queso

Línea de investigación: Caracterización, desarrollo de procesos e innovación en la
agroindustrial

Esta publicación está bajo una Licencia Creative Commons



ÍNDICE

	Pág.
INTRODUCCIÓN	2
MATERIALES Y METODOLOGÍA	2
2.1 Materia prima e insumos	2
2.2 Características fisicoquímicas de la leche	2
2.3 Obtención de látex de papaya serrana	2
2.4 Obtención de coagulante del higo y ortiga menor	3
2.5 Elaboración de queso fresco	3
2.6 Evaluación de las características fisicoquímicas	4
2.7 Evaluación de las características sensoriales	4
2.8 Análisis estadístico	4
RESULTADOS	6
3.1 Características fisicoquímicas del queso	6
3.2 Características sensoriales del queso	6
DISCUSIÓN	7
CONCLUSIONES	8
REFERENCIAS	8

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 — Características fisicoquímicas del queso elaborado con coagulantes de diferentes fuentes de origen vegetal	6

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 — Diagrama de bloques para la obtención de látex de papaya serrana	3
Figura 2 — Diagrama de bloques para la obtención de coagulante de higo y ortiga menor	3
Figura 3 — Diagrama de bloques para la elaboración de queso fresco	5
Figura 4 — Uso de coagulantes naturales para la elaboración de queso	6
Figura 5 — Diagrama de las características sensoriales (sabor, olor, color, textura y aceptabilidad global) de queso elaborado con coagulantes de origen vegetal (papaína, ficina, ácidos fenólicos) y renina en pastilla	7



Efecto de coagulantes de origen vegetal sobre las características fisicoquímicas y sensoriales del queso

Effect of plant-derived coagulants on the physicochemical and sensory properties of cheese

María del Carmen Barreto Prado^A, Fulgencio Vilcanqui Pérez^B y Luis Fernando Pérez Falcón^C

Resumen— El cuajo de origen animal es ampliamente utilizado en la elaboración de diversas variedades de queso; sin embargo, su alto costo, el uso de organismos genéticamente modificados y ciertas restricciones religiosas han impulsado la búsqueda de alternativas sostenibles como los coagulantes vegetales. El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de los coagulantes de origen vegetal sobre las características fisicoquímicas y sensoriales del queso. Se emplearon enzimas obtenidas de papaya serrana (*Carica pubescens*, papaína), higo (*Ficus carica*, ficina) y ortiga menor (*Urtica urens*, ácidos fenólicos), utilizando renina en pastilla como control. Durante la coagulación se adicionaron 0,3% (v/v) de látex de papaya serrana, 3% (m/v) de ramas de higo y 4% (m/v) de hojas de ortiga menor, mientras que la renina en pastilla se usó al 0,01% (m/v), considerando un litro de leche como base. Los análisis incluyeron pH, acidez, sinéresis, contenido de grasa, materia seca, contenido de agua y evaluación sensorial. Los resultados evidenciaron que el látex de papaya serrana mejoró varios parámetros tecnológicos: redujo la sinéresis (de 5,04% a 4,17%) así como el contenido de agua (de 54,39 g/100 g a 51,19 g/100 g), incrementó la materia seca (de 45,61 g/100 g a 48,81 g/100 g) y en contenido de grasa (de 26,57 g/100 g a 28,62 g/100 g), todo ello respecto al queso control (elaborado con renina en pastilla); asimismo, sus valores de pH y acidez fueron similares a los del queso control. Sensorialmente, el queso con papaya obtuvo la mayor puntuación en sabor, olor, color, textura y aceptabilidad global, alcanzando valores superiores a los del queso control. En conclusión, el látex de papaya serrana no solo fue el mejor coagulante vegetal evaluado, sino que produjo un queso con características fisicoquímicas y sensoriales comparables e incluso superiores al obtenido con renina en pastilla, lo que respalda su viabilidad como alternativa sostenible en la elaboración de quesos.

Palabras clave: Ficina, ortiga menor, papaína, queso

Abstract— Animal rennet is widely used in the production of various cheese varieties; however, its high cost, the use of genetically modified organisms, and certain religious restrictions have driven the search for sustainable alternatives such as plant-based coagulants. This study aimed to evaluate the effect of plant-based coagulants on the physicochemical and sensory characteristics of cheese. Enzymes obtained from papaya (*Carica pubescens*, papain), fig (*Ficus carica*, ficin), and stinging nettle (*Urtica urens*, phenolic acids) were used, with rennet tablets serving as a control. During coagulation, 0.3% (v/v) papaya latex, 3% (w/v) fig branches, and 4% (w/v) stinging nettle leaves were added, while rennet tablets were used at 0.01% (w/v), with one liter of milk as the base. The analyses included pH, acidity, syneresis, fat content, dry matter, water content, and sensory evaluation. The results showed that the papaya latex improved several technological parameters: it reduced syneresis (from 5.04% to 4.17%) and water content (from 54.39 g/100 g to 51.19 g/100 g), increased dry matter (from 45.61 g/100 g to 48.81 g/100 g), and increased fat content (from 26.57 g/100 g to 28.62 g/100 g), all compared to the control cheese (made with rennet tablets). Furthermore, its pH and acidity values were similar to those of the control cheese. Sensory evaluation showed that the papaya cheese obtained the highest scores for flavor, aroma, color, texture, and overall acceptability, achieving values higher than those of the control cheese. In conclusion, papaya latex was not only the best plant-based coagulant evaluated, but it also produced a cheese with physicochemical and sensory characteristics comparable to, and even superior to, that obtained with rennet tablets, thus supporting its viability as a sustainable alternative in cheesemaking.

Keywords: Ficin, small nettle, papain, queso

Autores:

- A. **ORCID iD** <https://orcid.org/0009-0006-1755-7376>
María del Carmen Barreto Prado, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac
161052@unamba.edu.pe
- B. **ORCID iD** <https://orcid.org/0000-0002-9163-5655>
Fulgencio Vilcanqui Pérez, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac vilcanqui@unamba.edu.pe
- C. **ORCID iD** <https://orcid.org/0000-0002-9463-0489>
Luis Fernando Pérez Falcón, Universidad Micaela Bastidas de Apurímac, lfperez@unamba.edu.pe



1 INTRODUCCIÓN

En el contexto global, la industria láctea enfrenta un desafío creciente: la necesidad de diversificar sus procesos con tecnologías más sostenibles, eficientes y adaptadas a las expectativas del consumidor moderno. La búsqueda de alternativas al cuajo animal no solo responde a criterios éticos o de origen vegetal, sino también a la demanda por productos con menor impacto ambiental y mejor trazabilidad [1], [2].

En el Perú, el queso fresco es un producto de amplio consumo y gran arraigo cultural, sobre todo en las zonas andinas. Aun así, la industria quesera nacional sigue dependiendo del cuajo comercial de origen animal, lo que implica costos elevados, fluctuaciones en la disponibilidad y una barrera para productores con recursos limitados [3], [4], [5]. Esta dependencia condiciona la innovación tecnológica y la autonomía en la producción local.

Las plantas con enzimas proteolíticas ofrecen una vía prometedora para reemplazar o complementar el cuajo animal. En particular, especies como la papaya serrana (*Vasconcellea pubescens* A. DC.), higo (*Ficus carica*) y ortiga menor (*Urtica urens*) han sido estudiadas internacionalmente por su capacidad coagulante. Por ejemplo, [6], [7] evaluaron papaína liofilizada de *Vasconcellea* y encontraron que una dosis de 2 g/L a 30 ° C produjo quesos con características comparables al cuajo comercial.

En cuanto al higo, la enzima ficina ha sido reconocida como una proteasa eficaz para coagular leche, aunque con menor especificidad en comparación con la quimosina. Estudios recientes señalan que ficina puede actuar como coagulante vegetal viable, especialmente en sistemas tradicionales, aunque sus efectos proteolíticos secundarios deben controlarse [8]. Al mismo tiempo, la ortiga ha sido empleada en diversas comunidades como coagulante vegetal tradicional. Algunas investigaciones sobre extractos de plantas del género *Urtica* demuestran que pueden inducir coagulación láctea, aunque su uso comercial está menos documentado, lo que abre espacio para su validación tecnológica local [9]. No obstante, en la región altoandina peruana, incluido Apurímac, hay escasez de estudios que evalúen estos coagulantes vegetales en condiciones reales de producción quesera. Factores como la calidad de la leche, condiciones ambientales y prácticas de manufactura pueden afectar los resultados tecnológicos y sensoriales, por lo que es imprescindible realizar estudios adaptados al contexto local. En ese sentido, la presente investigación propone analizar el efecto de tres coagulantes vegetales: látex de papaya serrana, látex de higo y hojas de ortiga menor, sobre las características fisicoquímicas y sensoriales del queso fresco. Los objetivos buscan no solo evaluar su viabilidad tecnológica, sino también identificar cual de los coagulantes logra mejores propiedades y mayor aceptación del consumidor.

La investigación se desarrolló en el Laboratorio de Procesamiento de Productos Agroindustriales de la Escuela

Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, ubicado en el distrito de Tamburco, provincia de Abancay, región Apurímac, Perú, durante el periodo comprendido entre enero y agosto de 2025. Se espera que los resultados de este estudio contribuyan a promover recursos vegetales locales en la industria láctea peruana, fortaleciendo la producción regional, reduciendo dependencia del cuajo animal y ofreciendo alternativas tecnológicas más sostenibles. Así mismo, estos hallazgos podrán servir como base para futuras investigaciones, adopciones industriales y políticas de innovación en el sector quesero nacional.

Esta investigación parte del objetivo general de evaluar el efecto de los coagulantes vegetales sobre las propiedades del queso, con los objetivos específicos de comparar su desempeño en parámetros fisicoquímicos (pH, acidez, sinéresis, materia seca, agua y grasa) y sensoriales (sabor, olor, color, textura y aceptabilidad global), así como determinar qué coagulante vegetal permite obtener queso de mejor calidad según criterios sensoriales.

2 MATERIALES Y METODOLOGÍA

2.1 Materia prima e insumos

Las muestras de papaya serrana se obtuvieron en la zona de Kerapata-Tamburco; el higo, en el mercado de Villa Ampay (Abancay); y la ortiga menor, en el mercado Las Américas (Abancay). La leche fresca de vaca se adquirió igualmente en el mercado Las Américas, mientras que la renina en pastilla fue adquirida en una farmacia local.

2.2 Características fisicoquímicas de la leche

Se utilizaron 4 litros de leche para cada tratamiento (1 litro por tratamiento) y se realizó la prueba del alcohol y la determinación de pH con el fin de verificar sus condiciones de calidad. Posteriormente, la leche fue filtrada y acondicionada para iniciar el proceso de elaboración de queso.

La leche fresca empleada como materia prima se caracteriza por su color blanco opalescente, olor lácteo suave y sabor ligeramente dulce. Presenta un pH entre 6,6 y 6,8 y una composición típica constituida por aproximadamente 87% de agua, 3,0-3,5% de proteínas, 3,0-4,5% de grasa, 4,5-5,0% de lactosa y 0,7% de minerales [10]. Su estructura corresponde a una emulsión de glóbulos de grasa y a una suspensión coloidal de caseínas, propiedades que influyen directamente en la formación del coágulo durante la elaboración de queso. La calidad microbiológica de la leche depende de las condiciones de ordeño y manejo, por lo que su adecuada higiene y almacenamiento son esenciales para garantizar su inocuidad y el comportamiento tecnológico en los procesos de coagulación.

2.3 Obtención de latex de papaya serrana

Los frutos de papaya serrana se recolectaron en estado verde y fueron llevados al laboratorio, donde se evaluó su condición



sanitaria, descartando aquellos con daños o golpes (Figura 1). Asimismo, se verificó su grado de madurez, dado que este factor incide de manera directa en la cantidad y calidad del látex extraído. Se realizó una clasificación manual de los frutos, separando los que presentan condiciones óptimas (verde y firme) de aquellos con signos de sobre-maduración o deterioro. Esta etapa permitió garantizar uniformidad en la materia prima utilizada para la extracción del látex. Se lavó la fruta a utilizar de una manera exhaustiva, hasta que quede libre de cualquier impureza física. Se realizó el corte longitudinal de cuatro a seis incisiones de 2 mm con un cuchillo de acero inoxidable esto para lograr que la fruta exhuda la sustancia lechosa. Se extrajo el látex en estado líquido del corte anterior y se recogió en una cápsula de porcelana previamente registrando su peso. La muestra se mantuvo refrigerada a una temperatura de 5 a 7 °C en un recipiente oscuro o ámbar totalmente cerrado para evitar la oxidación de la muestra.

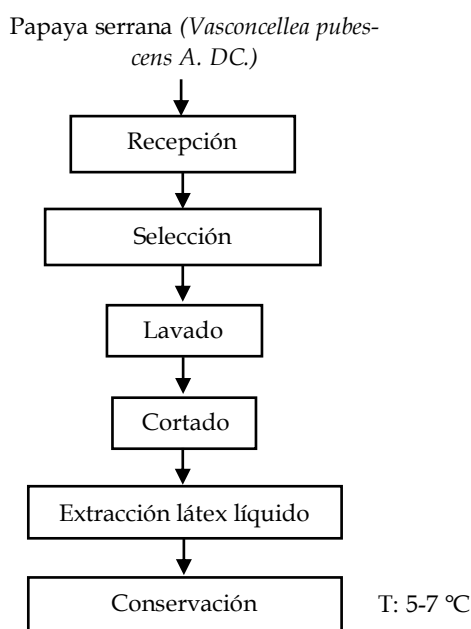


Fig. 1. Diagrama de bloques para la obtención de látex de papaya serrana

2.4 Obtención de coagulante del higo y ortiga macho

En la Figura 2, se describe el proceso de obtención de coagulantes a partir de la rama y hojas del higo y de hojas de ortiga menor. Las ramas y hojas frescas de higo (*Ficus carica*) y hojas de ortiga menor (*Urtica urens*) fueron recolectadas en condiciones higiénicas y dentro del tiempo adecuado de cosecha (estado verde) y recepcionados en el laboratorio. Luego se procedió a la selección del material vegetal, separando las ramas y hojas verdes de aquellas que presenten signos de amarillamiento, marchitez o deterioro. Solo se utilizaron las muestras frescas, descartando las secas o en mal estado. El material seleccionado fue sometido a un lavado con agua potable para eliminar restos de tierra, polvo, insectos y otras impurezas físicas, se realizó un enjuague adicional en solución

desinfectante suave (con hipoclorito de sodio al 50 ppm), seguido de un enjuague con agua potable para asegurar inocuidad. A lo que concierne al higo (*Ficus carica*) las ramas y hojas previamente lavadas se cortaron en forma transversal en fragmentos pequeños utilizando un cuchillo de acero inoxidable debidamente sanitizado esto para lograr que exhuda la sustancia lechosa. Posteriormente, se recolectó la sustancia lechosa exudada líquida por el material vegetal en una cápsula de porcelana previamente registrando su peso. La muestra se mantuvo refrigerada a una temperatura de 5 a 7 °C en un recipiente oscuro o ámbar totalmente cerrado para evitar la oxidación de la muestra. Y en lo que concierne a la ortiga menor (*Urtica urens*) solo se utilizó las hojas ya lavadas y desinfectadas de manera directa sin ninguna extracción previa.

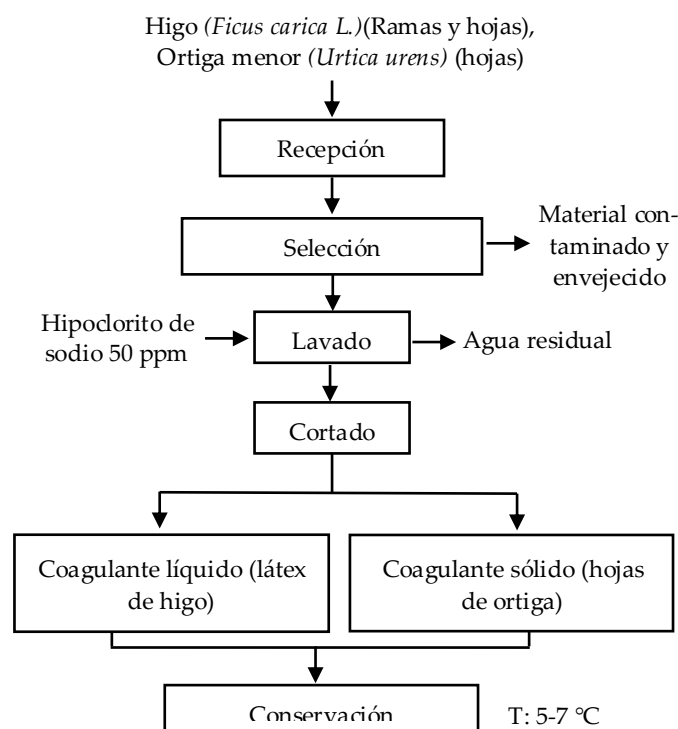


Fig. 2. Diagrama de bloques para la obtención de coagulante de higo y ortiga menor

2.5 Elaboración de queso fresco

La Figura 3, describe el proceso de elaboración de queso. La leche fresca fue recepcionada en el laboratorio a una temperatura de 20 a 25 °C. Posteriormente, la leche se sometió un filtrado para eliminar partículas sólidas, polvo, restos de pelo o suciedad que pueda contener. La leche se pasteurizó a 65 °C durante 30 minutos [11]. Después de la pasteurización, la leche se enfrió rápidamente hasta 40 a 42 °C y se adicionó el cloruro de calcio. Luego, se adicionaron los coagulantes de origen vegetal en cantidades de 0,3% (v/v) de látex de papaya serrana, 3% (m/v) de ramas de higo y 4% (m/v) de hojas de ortiga menor; mientras que la renina en pastilla se adicionó en 0,01% (m/v), todos ellos teniendo base de cálculo un litro de leche. Se dejó reposar a 40 °C por 40 min, tiempo en el cual se formó un gel firme conocido como cuajada. El gel obtenido fue cortado en cubos pequeños, procedimiento que facilitó la



expulsión del suero. La cuajada cortada se agitó suavemente durante 20 min y se dejó reposar, luego se realizó el batido para la sinéresis (eliminación del suero). La cuajada se introdujo en moldes de diferentes formas y tamaños, lo que permitió dar al queso su presentación final, además, durante el moldeado continúa el drenado de suero, ayudando a consolidar la estructura. Los moldes con cuajada se sometieron a presión controlada, expulsando el suero restante y compactando. El queso fue sumergido en una solución de salmuera al 2% de cloruro de sodio durante 45 min. Finalmente, los quesos se envasaron y se almacenaron a 4 °C, para las evaluaciones posteriores.

2.6 Evaluación de las características fisicoquímicas

El valor de pH se determinó por el método AOAC [12] en el potenciómetro de marca SI Analytics modelo Lab 850. En un vaso de 100 ml se colocó 1 g de muestra de queso fresco y se añadió 50 ml de agua destilada y se dejó en reposo por 1 h con agitación suave en intervalo de 10 min, para luego medir el pH.

La acidez titulable se determinó de acuerdo con el método AOAC [13]. En la muestra homogenizada se adicionó 2 g de queso fresco triturado en un matraz agregando 100 ml de agua destilada, se disolvió muy bien la mezcla, se agitó y se dejó en reposo, luego se filtró para obtener la solución líquida, se tomó una alícuota de 20 ml y se valoró con solución de hidróxido de sodio 0,1 N, usando 0,3 ml de indicador fenolftaleína, hasta el viraje incoloro a rosa pálido persistente. El valor de la acidez se calculó con la ecuación:

$$\% \text{ Acidez} = \frac{V_{\text{NaOH}} * N_{\text{NaOH}} * FC}{V_m} * 100 \quad (\text{Ecuación 1})$$

El porcentaje de la sinéresis del queso determinó de acuerdo con la NTP 202.193:2020 [14]. Para ello, las muestras queso fueron pesados y registrados el día uno y el día siete. El porcentaje (%) de sinéresis se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de sinéresis} = \frac{\text{Volumen de sinéresis}}{\text{Volumen total de la muestra}} * 100 \quad (\text{Ecuación 2})$$

El contenido de agua y la materia seca, se determinó mediante el método gravimétrico, conforme a la AOAC [13]. Las muestras homogenizadas se colocaron en cápsulas de porcelana, se pesaron y se sometieron a secado en estufa a 105 °C durante por 12 h. Luego se enfriaron en desecador para evitar reabsorción de humedad y se pesó nuevamente en una balanza analítica. Posteriormente, se aplicaron ciclos adicionales de 30 min de secado, seguidos de enfriamiento y pesado, hasta alcanzar un peso constante.

$$\% \text{ de Humedad} = \frac{(P1 - P2)}{m} * 100 \quad (\text{Ecuación 3})$$

Donde:

P1: peso de la placa más la muestra húmeda (g)

P2: peso de la placa más la muestra seca (g)

m: peso de la muestra húmeda (g)

$$\% \text{ de Materia Seca} = 100 \% - \% \text{ de Humedad} \quad (\text{Ecuación 4})$$

El contenido de grasa en el queso se determinó por el método AOAC 920.39 [15], mediante el uso del equipo Soxhlet de marca BUCHI Extraction System modelo B-811. En un sobre de papel filtro se colocó tres g de muestras secas de queso y se colocó en tubo Soxhlet. Luego en un balón de 250 ml se añadió 160 ml de solvente hexano y se procedió con la extracción por un tiempo de 2 a 4 h y luego se llevó a una estufa a 60°C para la evaporación del solvente. Finalmente se pesó el balón con el extracto etéreo y por diferencia de pesos se determinó el contenido de la grasa.

2.7 Evaluación de las características sensoriales

Se eligió un equipo de 30 panelistas consumidores para juzgar la calidad del queso (sabor, color, textura, olor y aceptabilidad global) utilizando una hoja de evaluación de nueve puntos de escala (me disgusta muchísimo: 1, me disgusta mucho: 2, me disgusta bastante: 3, me disgusta ligeramente: 4, ni me gusta ni me disgusta: 5, me gusta ligeramente: 6, me gusta bastante: 7, me gusta mucho: 8 y me gusta muchísimo: 9 [16].

2.8 Análisis estadístico

Se utilizó el diseño completamente aleatorizado (DCA) con el único factor en estudio al tipo de coagulante de origen vegetal (con tres niveles más un patrón). Para determinar las características fisicoquímicas del queso fresco se consideró al tratamiento patrón con renina en pastilla y los siguientes tratamientos con látex de papaya serrana (papaína), hojas y ramas de higo (ficina), y hojas de ortiga menor (ácidos fenólicos), con tres repeticiones. Luego se realizó el análisis de varianza (ANOVA) y la comparación múltiple de medias por Tukey a un nivel de significancia de 5% a fin de identificar el o los tratamientos significativos ($p < 0,05$). Se analizó mediante el uso del programa estadístico SPSS versión 30.0.0.

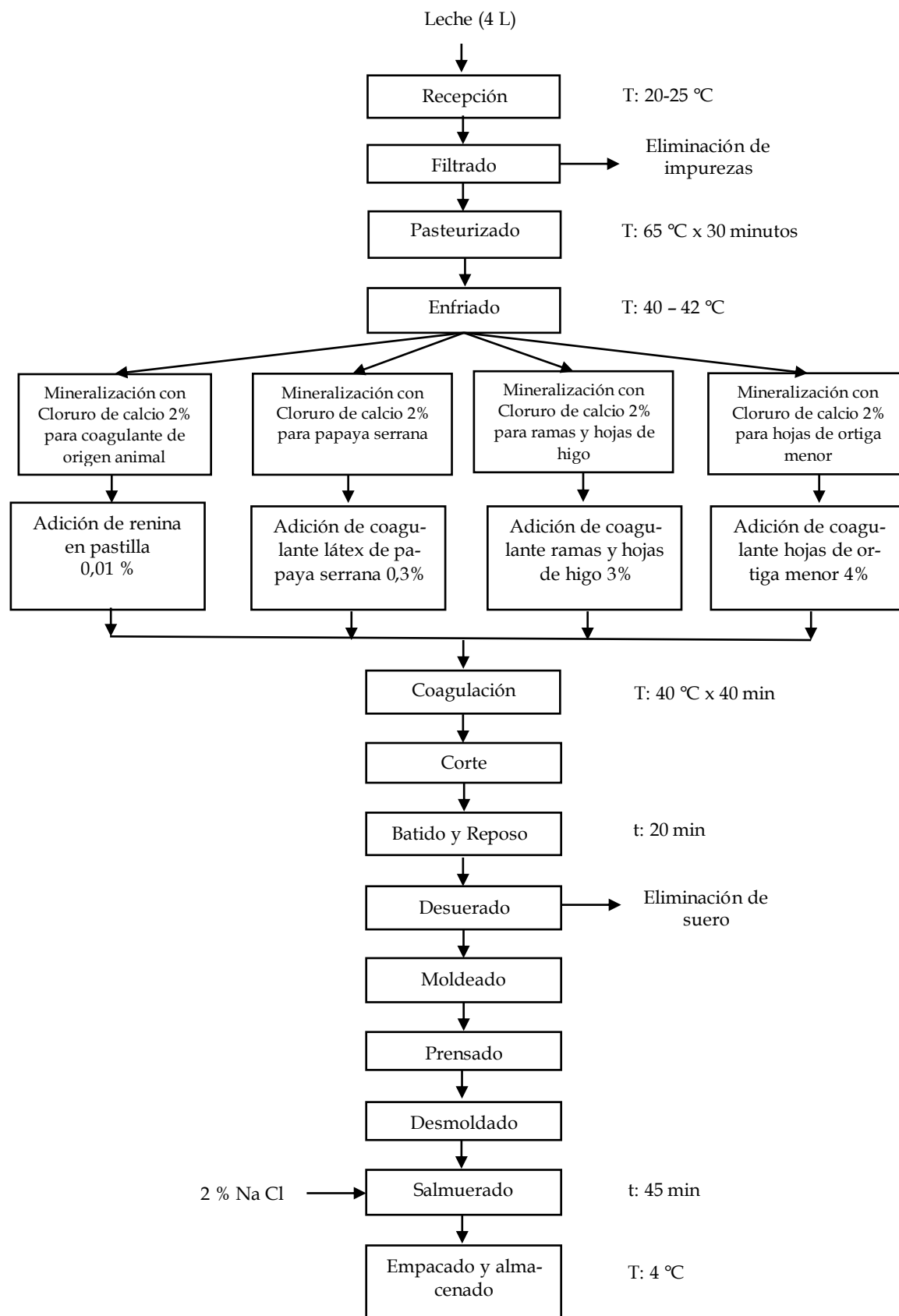


Fig. 3. Diagrama de bloques para elaboración de queso fresco

3 RESULTADOS

3.1 Características fisicoquímicas del queso

En la Tabla 1 se presentan los resultados del análisis fisicoquímico de los quesos elaborados con diferentes coagulantes. Al comparar los tratamientos con coagulantes vegetales frente al queso control (elaborado con renina en pastilla), se observaron diferencias significativas tanto en el pH como en la acidez titulable. El pH de los quesos elaborados con papaína se obtuvo 6,10; así mismo, los quesos elaborados con ficina obtuvieron un pH de 5,10 y en los quesos elaborados con ácidos fenólicos fue de 5,43 en contraste con el valor de 6,53 obtenido en el queso control (renina en pastilla). De manera similar, la acidez titulable fue mayor en los quesos con papaína (0,08 g/100 g), ficina (0,10 g/100 g) y ácidos fenólicos (0,15 g/100 g), en comparación con el queso elaborado con renina en pastilla (0,04 g/100 g).

En relación con la sinéresis, únicamente el queso elaborado con ácidos fenólicos presentó diferencias significativas frente al queso control (renina en pastilla), con valores de 8,89 % para ortiga menor y 5,04 % para renina en pastilla, respectivamente. En cambio, los quesos obtenidos con papaína (4,17 %) y ficina (7,01 %) no mostraron diferencias estadísticamente significativas respecto al queso control (renina en pastilla) (5,04 %).

TABLA 1

Características fisicoquímicas de queso elaborado con coagulantes de diferentes fuentes de origen vegetal

Coagulantes de origen vegetal	Características fisicoquímicas					
	pH	Acidez (g/100 g)	Sinéresis (% ms)	Contenido de agua (g/100 g)	Contenido de materia seca (g/100 g)	Contenido de grasa (g/100 g)
Origen animal (renina en pastilla)	6,53±0,04 ^b	0,04±0,01 ^a	5,04±1,69 ^a	54,39±0,79 ^{a,b}	45,61±5,45 ^{a,b}	26,57±4,03 ^b
Papaya serrana (papaína)	6,10±0,03 ^b	0,08±0,01 ^b	4,17±1,11 ^a	51,19±1,24 ^a	48,81±1,85 ^b	28,62±2,04 ^b
Higo (ficina)	5,10±0,02 ^a	0,10±0,01 ^c	7,01±0,81 ^{a,b}	58,99±0,88 ^{a,b}	41,01±4,22 ^{a,b}	22,95±1,57 ^{a,b}
Ortiga menor (ácidos fenólicos)	5,43±0,15 ^a	0,15±0,00 ^d	8,89±0,99 ^b	63,07±1,79 ^b	36,93±0,94 ^a	19,60±1,55 ^a

Promedio ± Desviación estándar (n=3). Los superíndices de las columnas representan diferencias significativas (p<0,05).

En cuanto al contenido de materia seca y humedad, no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los quesos elaborados con papaína (48,81 g/100 g), ficina (41,01 g/100 g) y ácidos fenólicos (36,93 g/100 g), en comparación con el queso control elaborado con renina en pastilla (45,61 g/100 g) esto referido a la materia seca, de igual manera en el contenido de agua no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los quesos elaborados con papaína (51,19 g/100g), ficina (58,99 g/100 g) y ácidos fenólicos (63,07 g/100 g), en comparación con el queso control elaborado con

renina en pastilla (54,39 g/100 g). Respecto al contenido de grasa, los quesos con papaína (28,62 g/100 g) y ficina (22,95 g/100 g) no presentaron diferencias significativas del queso control (26,57 g/100 g); sin embargo, el queso elaborado con ácidos fenólicos presentó una diferencia significativa, con un valor de 19,60 g/100 g frente a 26,57 g/100 g del queso control.

En la Figura 4, filas 3a, 3b, 3c y 3d se muestran las imágenes de los quesos frescos obtenidos a partir de coagulantes de origen vegetal, se puede observar que los tratamientos con coagulantes de origen vegetal (higo: 3b, papaya serrana: 3c y ortiga menor: 3d) son similares al tratamiento con renina en pastilla: 3a.

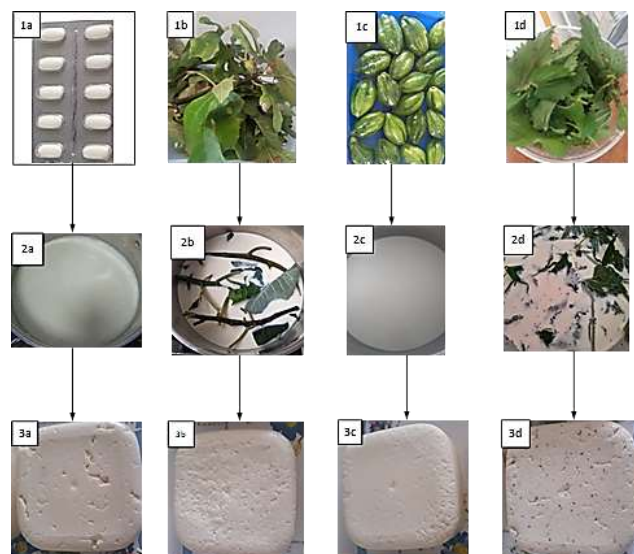


Fig. 4. Uso de coagulantes naturales para la elaboración de queso.

1a renina en pastilla; 1b, 1c y 1d, coagulantes de origen vegetal (higo, papaya y ortiga menor, respectivamente); 2a, coagulado de la leche con renina en pastilla; 2b, 2c y 2d, coagulado de la leche con coagulantes de origen vegetal; 3a, queso elaborado con renina en pastilla; 3b, 3c y 3d, quesos elaborados con coagulantes de origen vegetal.

3.2 Características sensoriales del queso

La figura 5 presenta la evaluación sensorial de quesos frescos elaborados con coagulantes de origen vegetal y animal (cuajo en pastilla). Al comparar los tratamientos, el queso elaborado con látex de papaya serrana obtuvo las puntuaciones más altas en los atributos evaluados: sabor (6,8), olor (6,55), color (7,1), textura (7,35) y aceptabilidad global (7). Este queso se caracterizó por un sabor suave, equilibrado entre salado y ligeramente ácido; un olor fresco característico de la leche; un color blanco brillante; textura cremosa, húmeda y untuosa; y una aceptabilidad global elevada debido a su compacidad, menor presencia de grietas, facilidad de corte y buena manejabilidad, lo que lo convirtió en el preferido por los consumidores. Por el contrario, el queso elaborado con ramas y hojas de higo presentó puntuaciones inferiores al queso control, con resultados de sabor (4,5), olor (6,1), color (5,65), textura (4,6) y aceptabilidad global (5,15). Finalmente, el queso elaborado con hojas de ortiga menor mostró las calificaciones más

bajas: sabor (3,6), olor (4,65), color (4,15), textura (4,35) y aceptabilidad global (3,7). Este producto se describió con un sabor intensamente astringente y ácido característico de la ortiga menor, un olor lácteo mezclado con notas herbáceas, un color blanco con tonalidades verdosas por la presencia de flores, y una textura blanda y arenosa. La aceptabilidad global fue reducida debido a la formación de múltiples grietas y una menor compactación en comparación con coagulante de origen animal.

En general, estas características sensoriales adversas en ortiga menor se atribuyen a la dosis excesiva del coagulante, lo que incrementó la acidez y favoreció la eliminación de mayor cantidad de suero, afectando la textura y generando una consistencia arenosa, razón por la cual fue el menos aceptado por los consumidores.

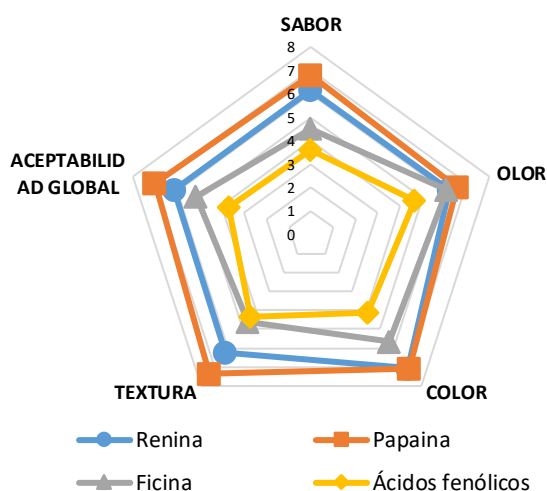


Fig. 5. Diagrama de araña de las características sensoriales (sabor, olor, color, textura y aceptabilidad global) de queso elaborado con coagulantes de origen vegetal (papaína, ficina y ácidos fenólicos) y renina en pastilla.

4 DISCUSIONES

Los resultados muestran que los quesos elaborados con coagulantes vegetales (papaína, ficina y ácidos fenólicos) presentaron diferencias significativas en el pH y la acidez titulable en comparación con el queso control. El queso con papaína mostró valores de pH y acidez [11], [17], lo que confirma la eficacia de esta enzima como alternativa tecnológica. Sin embargo, en el caso de la ficina, los valores obtenidos [11], [18], quienes registraron un pH más elevado, lo cual puede atribuirse a las condiciones de proceso empleadas, como la concentración enzimática o la temperatura de coagulación. Estos resultados evidencian que, aunque los coagulantes vegetales son efectivos, su comportamiento depende de las condiciones experimentales aplicadas.

En cuanto a la sinéresis, solo el queso elaborado con ácidos fenólicos presentó diferencias significativas frente al control, mientras que los tratamientos con papaína y ficina no mostraron cambios estadísticamente relevantes. Resultados más altos [19], lo que se asocia al uso de diferentes tipos de coagu-

lantes y estabilizantes en sus experimentos. Respecto al contenido de materia seca, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos y el control, lo que coincide con los estudios realizados [20]. En relación con la materia grasa, solo el queso con ácidos fenólicos presentó una disminución significativa frente al control, mientras que los quesos con papaína y ficina se mantuvieron dentro de los rangos normales [21], [22][23].

De manera general, los resultados indican que los quesos elaborados con papaína y ficina difieren significativamente del queso control únicamente en dos parámetros (pH y acidez titulable), mientras que en los demás indicadores (sinéresis, materia seca y grasa) no se encontraron diferencias relevantes. Esto demuestra que los coagulantes vegetales, especialmente el látex de papaya serrana, pueden generar productos con características muy similares al queso obtenido con cuajo animal. Asimismo, las imágenes mostradas (Figura 4) corroboran que los quesos producidos con coagulantes de origen vegetal presentaron una apariencia comparable a la del queso control. Finalmente, todos los tratamientos evaluados cumplieron con los rangos establecidos en la Norma Técnica Peruana [24], lo que respalda la viabilidad de los coagulantes vegetales como alternativas en la elaboración de quesos frescos.

Los resultados de la evaluación sensorial evidencian que el látex de papaya serrana fue el coagulante vegetal más adecuado, ya que permitió obtener quesos con características de sabor, olor, color, textura y aceptabilidad global muy similares al queso control con cuajo animal. Esto coincide con lo reportado en estudios previos, donde la papaína ha demostrado buena capacidad coagulante y generación de productos con aceptación favorable por los consumidores debido a su suavidad y cremosidad [17], [25]. La buena puntuación en atributos sensoriales sugiere que este coagulante puede ser una alternativa viable para sustituir parcialmente al cuajo de origen animal en la industria quesera, respondiendo a la demanda de productos más naturales y accesibles.

En contraste, los quesos elaborados con higo y ortiga menor obtuvieron menor aceptación, especialmente el último, debido a sabores astringentes, olores herbales y texturas poco compactas. Este comportamiento puede estar asociado a la dosis de extracto utilizado, la cual pudo generar una mayor acidez y sinéresis, afectando la estructura del coágulo y, en consecuencia, la calidad sensorial del producto. Estudios [11], [19] coinciden en que el uso de coagulantes vegetales no optimizados puede alterar negativamente el perfil sensorial del queso, limitando su aceptación comercial. Sin embargo, también destacan que, con ajustes en concentración y condiciones de proceso, estos coagulantes pueden convertirse en alternativas sostenibles y funcionales en la elaboración de quesos artesanales.

Los parámetros fisicoquímicos de los quesos frescos elaborados con coagulantes de origen vegetal (papaína, ficina y ortiga menor) cumplieron con el rango permisible [24].



5 CONCLUSIONES

Con base en los datos obtenidos, los quesos con coagulantes de origen vegetal presentaron características propias respecto a los quesos frescos tradicionales, aunque con variaciones en función del coagulante empleado. En el caso del látex de papaya serrana, se observó una reducción en el porcentaje de sinéresis (4,17%) y contenido de agua (51,19 g/100 g), un incremento en los contenidos de materia seca (48,81 g/100 g) y grasa (28,62 g/100 g), en comparación con el queso elaborado con coagulante de origen animal (renina en pastilla). El uso de ramas y hojas de higo también influyó en los parámetros fisicoquímicos, obteniéndose resultados dentro de los rangos establecidos por la normativa, aunque inferiores al queso control elaborado con renina en pastilla. Este tratamiento se caracterizó por un menor pH (5,10), mayor acidez (0,10 g/100 g) y agua (58,99 g/100g), mayor porcentaje de sinéresis (7,01%) reducidos contenidos de materia seca (41,01 g/100g) y grasa (22,85 g/100 g). Finalmente, la aplicación de hojas de ortiga menor mostró diferencias más marcadas, con valores de pH más bajos (5,43), mayor acidez (0,15 g/100 g), sinéresis (8,89%), agua (63,07 g/100 g), y menores porcentajes de materia seca (36,93 g/100 g), y grasa (19,60 g/100 g) respecto tanto al queso control elaborado con renina en pastilla como a los demás tratamientos.

En cuanto a las propiedades sensoriales, cada coagulante vegetal aportó atributos diferenciados en sabor, olor, color, textura y aceptabilidad global. El queso elaborado con látex de papaya serrana no presentó diferencias en sus características con respecto al queso control elaborado con renina en pastilla, alcanzando la mayor aceptación entre los consumidores. En contraste, el queso elaborado con ortiga menor mostró propiedades sensoriales diferentes que le otorgaron una apariencia poco convencional y menos comparable con los quesos tradicionales, lo que se reflejó en una menor preferencia por parte de los evaluadores.

REFERENCIAS

- [1] A. M. Abdel-Aty, M. B. Hamed, W. H. Salama, M. M. Ali, A. S. Fahmy, and S. A. Mohamed, "Ficus carica, Ficus sycomorus and Euphorbia tirucalli latex extracts: Phytochemical screening, antioxidant and cytotoxic properties," *Biocatal Agric Biotechnol*, vol. 20, p. 101199, Jul. 2019, <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2019.101199>
- [2] F. D. Nicosia, I. Puglisi, A. Pino, C. Caggia, and C. L. Randazzo, "Plant Milk-Clotting Enzymes for Cheesemaking," *Foods*, vol. 11, no. 6, p. 871, Mar. 2022, <https://doi.org/10.3390/foods11060871>
- [3] J. S. Luna Cumapa, "Efecto de tres tipos de coagulantes (ácido cítrico, ascórbico y málico) en el rendimiento y características organolépticas del queso tipo ucayalino," 2018, Universidad Nacional Intercultural de la Amazonia, Amazonas - Perú.
- [4] C. Quispe Ramos, "Efecto de los cuajos naturales sobre el rendimiento, consistencia y color en la elaboración del queso fresco," 2019, Universidad Nacional José María Arguedas, Andahuaylas - Perú.
- [5] S. M. Quishpe Toapanta, "Obtención de un extracto vegetal de la Ortiga mayor (urtica dioica) aplicando el método de maceración en frío para la elaboración de Queso fresco," Universidad Técnica de Cotopaxi, 2019. [Online]. Available: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/ec/>

- María del Carmen Barreto_Prado, Fulgencio Vilcanqui_Pérez y Luis Fernando Pérez_Falcón
- [6] A. Ben Amira, S. Besbes, H. Attia, and C. Blecker, "Milk-clotting properties of plant rennets and their enzymatic, rheological, and sensory role in cheese making: A review," *Int J Food Prop*, vol. 20, no. sup1, pp. S76-S93, Dec. 2017, <https://doi.org/10.1080/10942912.2017.1289959>
 - [7] J. C. Jesus et al., "Biofunctional, chemical and sensory profile of mature cheese produced with artichoke flower coagulant (*Cynara cardunculus* L. var *scolymus*)," *Int Dairy J*, vol. 156, p. 105976, Sep. 2024, <https://doi.org/10.1016/j.jidairy.2024.105976>
 - [8] M. Aider, "Potential applications of ficin in the production of traditional cheeses and protein hydrolysates," *JDS Communications*, vol. 2, no. 5, pp. 233-237, Sep. 2021, <https://doi.org/10.3168/jdsc.2020-0073>
 - [9] A. Ben Amira, S. Besbes, H. Attia, and C. Blecker, "Milk-clotting properties of plant rennets and their enzymatic, rheological, and sensory role in cheese making: A review," *Int J Food Prop*, vol. 20, no. sup1, pp. S76-S93, Dec. 2017, <https://doi.org/10.1080/10942912.2017.1289959>
 - [10] P. Walstra, J. T. M. Wouters, and T. J. Geurts, *Dairy Science and Technology*. Boca Raton: CRC Press, 2006. <https://doi.org/10.1201/9781420028010>
 - [11] J. G. Bermeo Berrones, I. P. Salgado Tello, C. I. Flores Mancheno, and T. E. Sánchez Herrera, "Evaluación fisico-química, microbiológica y sensorial del queso fresco utilizando ficina como bioactivador," *Conciencia Digital*, vol. 3, no. 2.1, pp. 231-249, May 2020, <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v3i2.1.1238>
 - [12] Association of Official Analytical Chemists, *Official Methods of Analysis*, 18th ed. Gaithersburg, MD, USA: AOAC International, 2005.
 - [13] Association of Official Analytical Chemists, *Official Methods of Analysis*, 17th ed. Gaithersburg, MD, USA: AOAC International, 2002.
 - [14] I. N. de Calidad, "NTP 202.193:2020. Leche y productos lácteos. Queso. Identificación, clasificación y requisitos," 2020. [Online]. Available: <https://www.inacal.gob.pe>
 - [15] A. of Official Analytical Chemists, "AOAC 920.39," Gaithersburg, MD, USA, 2004.
 - [16] Asociación Española de Normalización, UNE-ISO 6658:2019. Análisis sensorial de los Alimentos. Metodología general. Madrid: AENOR, 2019.
 - [17] L. Li, H. Chen, X. Lü, J. Gong, and G. Xiao, "Effects of papain concentration, coagulation temperature, and coagulation time on the properties of model soft cheese during ripening," *LWT*, vol. 161, p. 113404, May 2022, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113404>
 - [18] K. Liburdi, C. Boselli, G. Giangolini, S. Amatiste, and M. Esti, "An Evaluation of the Clotting Properties of Three Plant Rennets in the Milks of Different Animal Species," *Foods*, vol. 8, no. 12, p. 600, Nov. 2019, <https://doi.org/10.3390/foods8120600>
 - [19] A. A. Ochoa Flores, J. A. Hernández Becerra, E. López Hernández, and H. S. García Galindo, "Yield, firmness and sensory acceptance of panela cheese with added stabilisers," *Universidad y Ciencia*, vol. 29, no. 3, pp. 277-286, 2013, [Online]. Available: <http://www.universidadyciencia.ujat.mx/>
 - [20] C. I. Pereira, E. O. Gomes, A. M. P. Gomes, and F. X. Malcata, "Proteolysis in model Portuguese cheeses: Effects of rennet and starter culture," *Food Chem*, vol. 108, no. 3, pp. 862-868, Jun. 2008, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.11.050>
 - [21] R. S. Rivera-Botanares, S. M. Oliva-Cruz, and D. Tineo Flores, "Extracción y purificación de papaína obtenida a partir de tres especies nativas del género *Vasconcellea*," *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, vol. 25, no. 2, pp. 109-116, Apr. 2023, <https://doi.org/10.18271/ria.2023.447>
 - [22] G. Villacrez Chavez et al., "Fresh cheese production using freeze-dried papain as a vegetable coagulant," *Brazilian Journal of Food Technology*, vol. 27, 2024, <https://doi.org/10.1590/1981-6723.00624>
 - [23] Mohamed Osman Mohamed Abdalla and Hanaa Mohammed Abbas Salih, "Effect of heat treatment of milk on the physicochemical, microbiological and sensory characteristics of white cheese (Gibna bayda)," *GSC Advanced Research and Reviews*, vol. 3, no. 3, pp. 020-028, Jun. 2020, <https://doi.org/10.30574/gscarr.2020.3.3.0044>
 - [24] Instituto Nacional de Calidad, NTP 202.195:2019. Leche y productos lácteos. Queso fresco. Requisitos. in Normas Técnicas Peruanas (NTP). Lima: INACAL, 2019.
 - [25] C. Fiol, D. Prado, M. Mora, and J. I. Alava, "Nettle cheese: Using nettle leaves (*Urtica dioica*) to coagulate milk in the fresh cheese making process," *Int J Gastron Food Sci*, vol. 4, pp. 19-24, Jul. 2016, <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2016.05.001>

