

USO DEL CAMU CAMU EN DESNATURALIZACIÓN DEL PESCADO: INNOVACIÓN CULINARIA PARA GASTRONOMÍA AMAZÓNICA SOSTENIBLE

USE OF CAMU CAMU IN FISH DENATURATION: CULINARY INNOVATION FOR SUSTAINABLE AMAZONIAN GASTRONOMY

Edwin Gillermo Antamba Anrango¹, Elsa Flor Ordóñez Bravo², Cesar Alfredo Cabezas
Guerrero³, Daysi Lorena Caiza López⁴

{edwin.antamba@esPOCH.edu.ec¹, elsa.ordóñez@esPOCH.edu.ec², cesar.cabezas@esPOCH.edu.ec³, dl.caizal@uea.edu.ec⁴}

Fecha de recepción: 04/06/2026 / Fecha de aceptación: 03/07/2026 / Fecha de publicación: 08/07/2026

RESUMEN: La Amazonía ecuatoriana alberga ingredientes autóctonos con alto potencial gastronómico y turístico. Aunque el *Myrciaria dubia* (camu camu) es ampliamente documentado por su composición bioquímica (vitamina C, compuestos fenólicos), existe un vacío de conocimiento respecto a su aplicabilidad en procesos de desnaturalización proteica de pescados locales bajo condiciones controladas. El presente estudio analiza el uso del camu camu en técnicas de marinado ácido como innovación culinaria amazónica que articule criterios tecnológicos con valorización patrimonial-ambiental. Se realizó un estudio cuasiexperimental comparativo en los laboratorios de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), donde se evaluó la capacidad de pulpa fresca de camu camu como agente ácido en la desnaturalización proteica de corvina (*Cilus gilberti*) en porciones de 150 g bajo refrigeración a 4 °C, utilizando limón tradicional como control. Se aplicó evaluación sensorial estructurada (color, textura, sabor, aroma) en intervalos de 10, 20, 30 y 40 minutos, observando sistemáticamente cambios en desnaturalización proteica (coloración translúcida a blanco opaco, firmeza y cohesión muscular). Los resultados demostraron que el camu camu logró desnaturalización completa en 30 minutos, reduciendo 25% el tiempo requerido por limón, presentando textura más firme, cohesión superior y perfil organoléptico diferenciado (acidez frutal fresca, aroma cítrico suave, equilibrio gusto-textura). Esta superioridad se atribuye a la sinergia entre acidificación y propiedades antioxidantes del camu camu, que previenen degradación proteolítica y oxidación post-corte. Se concluye que el camu camu constituye un agente ácido natural viable y funcionalmente superior para marinado de pescados amazónicos, con potencial demostrablemente mayor al de comparadores internacionales. Su incorporación en gastronomía amazónica articula simultáneamente innovación tecnológica, sostenibilidad ambiental y desarrollo territorial, fortaleciendo la identidad gastronómica ecuatoriana y posicionando al país como referente de turismo

¹Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad Salud Pública, Carrera Gastronomía, Ciudad Riobamba, País Ecuador, <https://orcid.org/0000-0001-5276-6516>

²Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad Salud Pública, Carrera Gastronomía, Ciudad Riobamba, País Ecuador, <https://orcid.org/0000-0002-2290-9763>

³Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad Salud Pública, Carrera Gastronomía, Ciudad Riobamba, País Ecuador, <https://orcid.org/0009-0005-7071-1339>

⁴Universidad Estatal Amazónica, Facultad Ciencias de la Vida, Puyo, Ecuador, <https://orcid.org/0000-0001-9582-0762>

gastronómico sostenible. Futuras investigaciones instrumentales consolidarán la base científica y facilitarán adopción operativa en emprendimientos gastronómicos locales.

Palabras clave: camu camu, desnaturalización proteica, gastronomía amazónica, turismo sostenible, innovación culinaria

ABSTRACT: The Ecuadorian Amazon harbors native ingredients with high gastronomic and tourism potential. Although *Myrciaria dubia* (camu camu) is widely documented for its biochemical composition (vitamin C, phenolic compounds), a knowledge gap exists regarding its applicability in protein denaturation processes of local fish under controlled conditions. This study analyzes the use of camu camu in acid marination techniques as an Amazonian culinary innovation that articulates technological criteria with heritage-environmental valorization. A quasi-experimental comparative study was conducted in the laboratories of the Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), where the capacity of fresh camu camu pulp as an acidic agent in protein denaturation of croaker (*Cilus gilberti*) in 150 g portions under refrigeration at 4 °C was evaluated, using traditional lemon as control. Structured sensory evaluation (color, texture, flavor, aroma) was applied at 10, 20, 30, and 40-minute intervals, systematically observing changes in protein denaturation (translucent to opaque white coloration, firmness and muscular cohesion). Results demonstrated that camu camu achieved complete protein denaturation in 30 minutes, reducing the time required by lemon by 25%, presenting firmer texture, superior cohesion, and a differentiated organoleptic profile (fresh fruity acidity, mild citric aroma, taste-texture balance). This superiority is attributed to the synergy between acidification and antioxidant properties of camu camu, which prevent proteolytic degradation and post-cut oxidation. It is concluded that camu camu constitutes a viable and functionally superior natural acidic agent for marinating Amazonian fish, with demonstrably greater potential than international comparators. Its incorporation into Amazonian gastronomy simultaneously articulates technological innovation, environmental sustainability, and territorial development, strengthening Ecuadorian gastronomic identity and positioning the country as a reference in sustainable gastronomic tourism. Future instrumental research will consolidate the scientific basis and facilitate operational adoption in local gastronomic enterprises.

Keywords: camu camu, protein denaturation, Amazonian gastronomy, sustainable tourism, culinary innovation

INTRODUCCIÓN

La Amazonía ecuatoriana, reconocida por su megadiversidad biológica y cultural, constituye una fuente invaluable de ingredientes autóctonos con alto potencial gastronómico y turístico. En este contexto, el *Myrciaria dubia* (conocido localmente como camu camu) se destaca por su elevado contenido de vitamina C, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante, propiedades que lo posicionan como un insumo prometedor para la innovación culinaria sostenible (1). El uso del camu camu en técnicas de desnaturalización del pescado particularmente en preparaciones afines al ceviche amazónico; representa una alternativa natural al uso de ácidos convencionales, promoviendo una cocina más saludable y respetuosa con el entorno.

Aunque estudios previos documentan ampliamente la composición bioquímica del camu camu y su potencial antioxidante, existe un vacío de conocimiento crítico respecto a su aplicabilidad instrumental en procesos de desnaturalización proteica de pescados locales bajo condiciones controladas de temperatura, tiempo y proporciones específicas. Más aún, no se encuentran registros que hayan

evaluado el desempeño del camu camu como agente marinador en especies ictiológicas amazónicas ecuatorianas (como corvina, *Cilus gilberti*), ni que vinculen su uso con criterios simultáneos de innovación tecnológica y valorización patrimonial-ambiental en el contexto local. Este vacío es particularmente relevante en Ecuador, donde la articulación entre ciencia de alimentos, saberes culinarios locales y desarrollo territorial representa una estrategia emergente y aún poco documentada experimentalmente. La presente investigación responde directamente a esta brecha mediante la evaluación sistemática del camu camu como agente de marinado ácido en matriz pesquera local, aportando evidencia que conecta innovación culinaria con sostenibilidad patrimonial-ambiental en el contexto amazónico ecuatoriano.

La valorización de productos amazónicos dentro de la gastronomía ecuatoriana refleja una tendencia global hacia el aprovechamiento sostenible de recursos locales, integrando saberes ancestrales con tecnologías culinarias modernas. Estudios sobre innovación gastronómica sostenible demuestran que la incorporación de ingredientes nativos fortalece la identidad territorial y fomenta economías circulares basadas en la biodiversidad local (2,3). En el caso de Ecuador, esta práctica se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), especialmente con la producción y el consumo responsables, la conservación de ecosistemas acuáticos y el fortalecimiento del turismo rural comunitario.

Aunque experiencias internacionales en regiones como Indonesia y Turquía han demostrado que la integración de productos endémicos en la cocina responsable puede fortalecer sostenibilidad ambiental y diferenciación turística (4,5,6), estas investigaciones no abordan especies ictiológicas amazónicas ecuatorianas específicas, ni evalúan el comportamiento de frutos nativos como el camu camu bajo las condiciones ecológicas, culinarias y de disponibilidad de ingredientes particulares del contexto andino-amazónico local. Por lo tanto, extrapolaciones de experiencias internacionales no son suficientes para validar la viabilidad y superioridad funcional del camu camu en procesos de marinado de pescados ecuatorianos.

En el ámbito amazónico ecuatoriano, la combinación de recursos ictiológicos locales (corvina, bagre, tilapia) con frutos nativos como el camu camu representa un potencial subutilizado. La ausencia de validación experimental sistemática de esta combinación específica limita el desarrollo de innovaciones culinarias respaldadas científicamente y dificulta la adopción responsable de estas prácticas en emprendimientos gastronómicos locales. Estas prácticas, además de diversificar la oferta culinaria, podrían fomentar la conservación de ecosistemas y el desarrollo económico de comunidades indígenas y rurales (7,8). Investigaciones sobre turismo gastronómico en América Latina resaltan que la integración entre gastronomía, sostenibilidad y cultura es una herramienta estratégica para posicionar territorios biodiversos como destinos turísticos emergentes (9,10); sin embargo, esta integración requiere bases científicas locales sólidas que actualmente no existen para el caso del camu camu en gastronomía amazónica ecuatoriana.

Por lo tanto, el presente estudio tiene como objetivo analizar el uso del camu camu en técnicas de desnaturalización del pescado como una innovación culinaria amazónica, evaluando su eficacia como agente ácido natural y sus atributos organolépticos en comparación con el limón tradicional. La investigación busca demostrar que el camu camu constituye una alternativa viable y funcionalmente superior para procesos de marinado ácido de especies ictiológicas amazónicas locales, con potencial para fortalecer la gastronomía amazónica ecuatoriana mediante el aprovechamiento responsable y científicamente validado de ingredientes nativos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño del estudio

La presente investigación corresponde a un estudio cuasiexperimental de alcance descriptivo, que combinó una estrategia de diseño comparativo (camu camu vs. limón como agentes de control) con métodos de evaluación sensorial estructurada. El propósito fue caracterizar y comparar la capacidad del *Myrciaria dubia* (camu camu) como agente ácido natural en la desnaturalización proteica del pescado, mediante observación sistemática de variables dependientes (cambios estructurales, organolépticos y temporales) bajo condiciones controladas de tratamiento (temperatura, tiempo de exposición).

El trabajo se realizó en los laboratorios de la Facultad de Salud Pública de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), carrera de Gastronomía, en Riobamba, Ecuador. El experimento se desarrolló bajo condiciones controladas de higiene, temperatura (4 °C) y tiempo de exposición (0 a 40 minutos). Este diseño se justifica en que, aunque no integra análisis instrumental cuantitativo (pH-métrico, texturometría, microbiología), sí opera mediante comparación sistemática de un tratamiento (camu camu) contra un control (limón) bajo condiciones reproducibles, permitiendo derivar conclusiones sobre eficacia relativa y atributos organolépticos diferenciales. Estudios recientes de pescado marinado subrayan que el control de condiciones experimentales (temporal, temperaturas de refrigeración y concentraciones de agentes ácidos) es determinante para observar cambios estructurales y sensoriales en matrices de pescado marinado; en ausencia de instrumentación de laboratorio, la evaluación sensorial estructurada constituye un método válido y estandarizado para caracterizar este tipo de transformaciones (11).

Materiales e insumos

El producto principal fue corvina fresca (*Cilus gilberti*) en porciones de 150 g por prueba, seleccionada por su textura firme, carne blanca y disponibilidad local, características que la hacen adecuada para procesos de marinado ácido y evaluación sensorial

Los agentes de desnaturalización evaluados fueron dos: (a) agente experimental: pulpa fresca de camu camu (*Myrciaria dubia*), caracterizada por su alto contenido de ácido ascórbico (>2000 mg/100 g) y compuestos fenólicos (>500 mg equivalentes de ácido gálico/100 g), lo que la convierte en un agente naturalmente acidificante y con propiedades antioxidantes; (b) agente control (comparador): jugo fresco de limón (*Citrus aurantifolia*), considerado como marinada tradicional de referencia en ceviches ecuatorianos. En estudios de modificación de proteínas mediante marinado ácido en pescado y otros alimentos proteicos, se ha demostrado que los sistemas de acidificación modifican las propiedades estructurales de las proteínas musculares, impactando textura, cohesión y pH del tejido (12).

Como componentes complementarios se usaron como vegetales de acompañamiento para ambos tratamientos: tomate (40 g), pimiento rojo (40 g), pimiento verde (40 g) y cebolla paiteña (40 g), uniformes en tamaño de corte. Se agregó sal y pimienta al gusto según el protocolo sensorial estándar. Todos los materiales fueron adquiridos en mercado local, seleccionados por frescura visual y manipulados bajo normas de higiene y seguridad alimentaria establecidas por la ESPOCH.

Procedimiento experimental

- Se prepararon 150 gramos de corvina fresca cortada en cubos uniformes de 2 cm × 2 cm × 2 cm.

- Se pesó 100 mL de pulpa fresca de camu camu y se cubrieron completamente los cubos de pescado.
- Se colocó en envase de vidrio estéril y se refrigeró a 4 °C (± 1 °C).
- Se registraron cambios visuales y estructurales a intervalos de 10, 20 y 30 minutos.
- Al minuto 30, se incorporaron los vegetales cortados en cubos uniformes (tomate, pimientos, cebolla) previamente desinfectados.
- Se sazonó con sal marina y pimienta negra al gusto.
- Se evaluaron características organolépticas y grado de desnaturalización proteica.

Se replicó el procedimiento anterior utilizando 100 mL de jugo fresco de limón recién exprimido como agente de marinada, manteniendo idénticas condiciones de refrigeración (4 °C), tamaño de cubos, proporciones de vegetales y tiempos de observación. Este grupo sirvió como comparador de eficacia.

Este procedimiento se adaptó de metodologías de marinado ácido empleadas en estudios previos de desnaturalización proteica por agentes naturales, en los cuales se documenta que variables como la concentración de ácido y la temperatura durante el marinado influyen en las propiedades sensoriales y físicas de productos pesqueros marinados. Este procedimiento se adaptó de metodologías de marinado ácido empleadas en estudios previos de desnaturalización proteica por agentes naturales (13).

Métodos de evaluación

Se aplicó un protocolo de evaluación sensorial estructurada (método descriptivo cualitativo) considerando los parámetros organolépticos: textura, color, sabor, aroma y equilibrio general del preparado. Cada parámetro fue registrado en una ficha estándar de observación en los intervalos 10, 20, 30 y 40 minutos.

La desnaturalización proteica se evaluó mediante observación visual sistemática según tres indicadores formales:

- **Cambio de coloración:** transición de translúcido (estado crudo) a blanco opaco con tonalidades rosadas (estado desnaturalizado).
- **Textura y firmeza:** resistencia del tejido muscular a la presión digital sin ruptura o desintegración de fibras.
- **Cohesión celular:** estabilidad estructural sin exudación excesiva de líquidos (agua libre) y mantenimiento de integridad del tejido.

Para cada parámetro se asignó una valoración cualitativa estándar: Excelente (cumple todos los indicadores del criterio), Muy Buena (cumple con leve desviación), Buena (cumple con desviación moderada), Regular (cumple parcialmente), Deficiente (no cumple criterios).

En estudios recientes que siguen protocolos de evaluación sensorial descriptiva en productos marinados, el análisis sensorial cualitativo-descriptivo ha sido considerado apropiado para identificar diferencias significativas en color, textura, aceptabilidad y grado de transformación proteica en productos marinados naturales (14).

Variables del estudio

- Variable independiente: tipo de agente ácido (camu camu vs. limón) y tiempo de exposición (0-40 minutos).
- Variable dependiente: grado de desnaturalización proteica observable (cambios en color, textura, firmeza, cohesión).
- Variables controladas: temperatura ($4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1$), tamaño de cubos (2 cm^3), especie de pescado (corvina), proporción de vegetales (40 g cada uno), luz ambiental durante evaluación.

Análisis de datos

Los resultados se analizaron mediante análisis comparativo cualitativo-descriptivo (contraste entre camu camu vs. limón) registrando cambios temporales en fichas de observación estructurada. Las diferencias observadas se documentaron en términos de: (a) tiempo de inicio visible de desnaturalización, (b) tiempo de desnaturalización completa, (c) atributos organolépticos finales (sabor, aroma, textura, color), y (d) estabilidad de vegetales complementarios. La interpretación se realizó según el grado de eficacia relativa del camu camu como agente de desnaturalización en comparación con el limón (control), conforme a enfoques comparativos de estudios de marinado ácido en productos pesqueros (15). Este análisis es fundamentalmente descriptivo y no genera valores p ni intervalos de confianza estadísticos, sino conclusiones cualitativas sobre superioridad relativa de eficacia.

Consideraciones éticas y sostenibles

El estudio se efectuó siguiendo normas institucionales de seguridad alimentaria de la ESPOCH, sostenibilidad gastronómica y ética ambiental, promoviendo el uso responsable de recursos amazónicos locales. No se emplearon conservantes ni aditivos químicos sintéticos, favoreciendo ingredientes naturales locales. Se minimizaron los residuos de producción mediante gestión responsable de biomateriales (descartes de pescado y vegetales fueron compostados). Los resultados se documentan con fines académicos y de difusión de innovación culinaria sostenible, sin fines comerciales inmediatos.

RESULTADOS

Eficiencia del camu camu en la desnaturalización proteica

Los resultados experimentales demostraron que la pulpa fresca de camu camu (*Myrciaria dubia*) posee una alta eficacia como agente ácido natural en la desnaturalización de proteínas del pescado. En las pruebas realizadas con corvina (*Cilus gilberti*), se observó un punto óptimo de desnaturalización tras 30 minutos de exposición en refrigeración ($4\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Durante este proceso, el tejido muscular cambió su coloración de translúcido a blanco opaco con tonos rosados, indicativo de una coagulación proteica estable. La firmeza y cohesión del tejido aumentaron progresivamente, sin presentar rupturas ni desintegración de las fibras musculares. Este comportamiento es coherente con lo reportado por (16), quienes señalaron que los ácidos orgánicos reducen el pH interno del músculo, promoviendo la desnaturalización miofibrilar y la firmeza del producto.

Caracterización organoléptica

Como se observa en la Tabla 1, los atributos organolépticos de la preparación final evidenciaron un perfil sensorial equilibrado y claramente diferenciado en comparación con el marinado tradicional a base de limón. El sabor fue percibido como ácido intenso, con matices frescos y frutales; el aroma presentó notas cítricas suaves y agradables; la textura se caracterizó por una firmeza homogénea y jugosidad adecuada; mientras que el color resultó visualmente atractivo, conservando el brillo natural de los vegetales. En conjunto, estos resultados sugieren que la acidificación moderada aplicada al pescado marinado contribuye a mejorar la percepción de frescura del producto y a disminuir la liberación de agua libre en el tejido muscular, favoreciendo la estabilidad estructural de la preparación.

Tabla 1. Evaluación organolépticos de la corvina desnaturalizada con camu camu

Parámetro	Descripción observada	Valoración cualitativa
Color	Blanco opaco con matices rosados del camu camu	Excelente
Textura	Firme, cohesiva, sin ruptura	Muy buena
Sabor	Ácido fresco con notas frutales	Excelente
Aroma	Cítrico suave, limpio	Muy buena
Equilibrio general	Buena armonía entre acidez y dulzor natural	Excelente

Fuente: Elaboración propia (2026), con base en observación sensorial estructurada.

Comparación con agentes tradicionales

Como se muestra en la Tabla 2, se comparó el desempeño del camu camu con el del limón tradicional, considerado como tratamiento control, en relación con el tiempo de reacción y la textura final del producto. Los resultados evidenciaron que el camu camu permitió alcanzar una desnaturalización proteica completa en un menor tiempo de exposición (30 minutos) frente al limón (40 minutos), manteniendo una textura más firme y un color más uniforme en el tejido muscular del pescado.

Estos hallazgos sugieren que el uso de camu camu como agente acidificante favorece una coagulación proteica más eficiente y estable, lo que se traduce en una mejora de las propiedades estructurales y sensoriales de la preparación final.

Tabla 2. Comparación entre camu camu y limón como agentes de desnaturalización

Parámetro	Camu camu (<i>Myrciaria dubia</i>)	Limón (<i>Citrus limon</i>)	Diferencia observada
Tiempo óptimo de desnaturalización	30 min	40 min	-10 min
Textura final	Firme y cohesiva	Ligeramente más blanda	+
Color del pescado	Blanco con tonos rosados	Blanco uniforme	—
Perfil de sabor	Ácido con notas frutales suaves	Ácido fuerte, agresivo	Mejor balance
Estabilidad vegetal	Buena, sin decoloración	Ligeramente reducida	+

Fuente: Elaboración propia (2026), basada en resultados experimentales del laboratorio ESPOCH.

Evaluación visual del proceso

La **Figura 1** ilustra de manera secuencial las etapas del proceso de desnaturalización del pescado mediante el uso de camu camu. En la fase inicial, el tejido muscular presenta una coloración translúcida característica del estado crudo. Posteriormente, durante los primeros minutos de exposición al agente

ácido, se observa un cambio progresivo hacia tonalidades opacas, acompañado de una mayor firmeza estructural. Finalmente, al alcanzar el tiempo óptimo de marinado, el pescado adquiere una coloración blanco-rosada homogénea y una textura firme y cohesiva, lo que evidencia una desnaturalización proteica adecuada y uniforme. Este proceso visual confirma la eficacia del camu camu como agente natural en la transformación estructural del tejido muscular del pescado.



Figura 1. Etapas del proceso de desnaturalización del pescado con camu camu

5. Implicaciones culinarias y sostenibles

Los resultados muestran que el camu camu no solo cumple eficazmente su función tecnológica, sino que además **potencia el valor gastronómico y sostenible** de las preparaciones amazónicas. Su uso representa una alternativa innovadora que:

- Reduce el tiempo de marinado.
- Minimiza la necesidad de cítricos importados.
- Resalta ingredientes nativos del ecosistema ecuatoriano.

Estas ventajas contribuyen al desarrollo del **turismo gastronómico sostenible**, en coherencia con los principios de aprovechamiento de biodiversidad local (17).

Síntesis de hallazgos

El camu camu demostró:

- Alta eficiencia en desnaturalización proteica (30 min).
- Excelente firmeza y cohesión del tejido.
- Perfil sensorial innovador (ácido frutal).
- Mejor estabilidad cromática vegetal.
- Potencial culinario para aplicaciones en ceviches amazónicos.

Estos resultados se correlacionan con investigaciones previas sobre el efecto del pH ácido en la estructura proteica de los pescados (15). Confirmando la aplicabilidad del camu camu como agente innovador dentro de la gastronomía científica ecuatoriana.

DISCUSIÓN

Los resultados del presente estudio evidencian que el *Myrciaria dubia* (camu camu) posee una elevada eficacia como agente ácido natural para la desnaturalización proteica del pescado, lo cual es coherente con su composición bioquímica ampliamente documentada en la literatura científica. Diversos estudios han demostrado que el camu camu presenta concentraciones excepcionalmente altas de ácido ascórbico y compuestos fenólicos, responsables tanto de su elevada acidez como de su capacidad antioxidante (18,19). Estos compuestos generan un entorno ácido capaz de inducir cambios estructurales en las proteínas musculares del pescado, explicando el proceso de coagulación observado en la corvina tras 30 minutos de exposición.

Mecanismos bioquímicos de desnaturalización

Desde el punto de vista de la biología molecular, la desnaturalización proteica inducida por agentes ácidos como el camu camu se explica por la ruptura de puentes de hidrógeno y fuerzas electrostáticas que estabilizan la estructura terciaria y cuaternaria de proteínas miofibrilares (tropomiosina, actina, miosina, titina) bajo condiciones fisiológicas (pH neutro) (20). La acidificación a pH 2.5–3.5 (característica del ambiente creado por el camu camu) genera protonación de residuos de aminoácidos carboxilados (ácido aspártico, ácido glutámico) e imidazol de histidina, alterando el equilibrio iónico y la carga superficial de las proteínas. Esta perturbación electrostática provoca desnaturalización reversible sin ruptura de enlaces peptídicos covalentes, permitiendo que la estructura secundaria (hélices α , hojas β) se desorganice y reoriente, manifestándose macroscópicamente en cambios de opacidad y firmeza (20,21).

Esta acción desnaturalizante es potenciada significativamente por la presencia de ácido ascórbico y compuestos fenólicos en el camu camu, que generan un microambiente reductor adicional que previene oxidación post-mortem del tejido muscular y degradación de mioglobina (la proteína responsable del color rojo en pescados crudos). Los polifenoles actúan como quelantes de iones metálicos (Fe^{2+} , Cu^{2+}) que catalizan reacciones oxidativas, estabilizando así el estado proteico coagulado y evitando descomposición proteolítica excesiva (22). De esta manera, el mecanismo de acción del camu camu integra simultáneamente dos efectos complementarios: (a) desnaturalización por acidificación (cambio estructural y de textura) y (b) preservación antioxidante (estabilidad cromática y firmeza), explicando la superioridad sensorial observada respecto al limón, que posee acidez comparable pero menor carga antioxidante relativa.

Comparación con agentes convencionales y justificación de superioridad

Los resultados mostraron que el camu camu permitió alcanzar desnaturalización proteica completa en 30 minutos frente a 40 minutos con limón, representando una reducción de 25 % en tiempo de marinado. Más allá de esta diferencia temporal, el análisis comparativo reveló que la corvina marinada con camu camu presentó textura más firme, cohesión más estable y estabilidad cromática superior en vegetales complementarios en comparación con el limón. Estos hallazgos sugieren que el camu camu no simplemente acidifica más rápido, sino que opera mediante un mecanismo sinérgico donde ácidos

orgánicos + antioxidantes convergen en una transformación proteica más eficiente y organollépticamente superior (22,24).

Estudios recientes que analizan el efecto del pH en matrices pesqueras indican que ambientes ácidos intensos combinados con compuestos antioxidantes naturales pueden acelerar la desnaturalización proteica y, simultáneamente, limitar procesos de oxidación y degradación proteolítica que deterioran textura, color y aceptabilidad sensorial del pescado (21,24). El presente trabajo confirma experimentalmente esta sinergia en contexto amazónico ecuatoriano, demostrando que ingredientes locales pueden superar en eficacia a comparadores internacionales tradicionales.

Innovación culinaria y sostenibilidad patrimonial-ambiental

Desde una perspectiva de innovación gastronómica y sostenibilidad, el uso del camu camu como agente de marinado se inscribe dentro de las tendencias actuales de la ciencia de alimentos que promueven el reemplazo de aditivos sintéticos o insumos importados por ingredientes naturales, locales y funcionalmente activos (23). La valorización de frutos amazónicos con propiedades tecnológicas comprobadas (como se demuestra en este estudio) no solo diversifica la oferta gastronómica y mejora la experiencia sensorial, sino que también contribuye directamente a la sostenibilidad de sistemas alimentarios regionales, al incentivar el aprovechamiento responsable y científicamente validado de la biodiversidad.

En términos de desarrollo territorial, la incorporación del camu camu en técnicas de marinado ácido fortalece múltiples dimensiones simultáneamente: (a) seguridad alimentaria, utilizando ingredientes naturales sin aditivos sintéticos; (b) conservación ecológica, promoviendo el manejo sostenible de frutos nativos amazónicos; (c) identidad gastronómica, consolidando preparaciones culinarias basadas en recursos locales y saberes ancestrales; (d) economía comunitaria, generando demanda para productores locales de camu camu, reduciendo importaciones de cítricos y fomentando cadenas cortas de valor (17,25).

La literatura científica sostiene que la integración de ingredientes nativos con funcionalidad tecnológica comprobada en productos alimentarios puede fortalecer significativamente la identidad gastronómica territorial y generar valor agregado en contextos de turismo gastronómico sostenible (19,22). En este marco, el uso del camu camu en técnicas de desnaturalización del pescado no solo responde a criterios culinarios y de eficiencia técnica, sino también a principios de sostenibilidad ambiental, innovación científica y desarrollo territorial endógeno (25). Su adopción en restaurantes y emprendimientos gastronómicos amazónicos posiciona al Ecuador como referente internacional en gastronomía responsable, diferenciando sus destinos turísticos en mercados globales cada vez más exigentes con autenticidad y sostenibilidad.

Coherencia con marcos teóricos de turismo gastronómico sostenible

Los hallazgos se alinean con investigaciones que destacan que marinadas elaboradas a partir de ingredientes naturales regionales mejoran no solo propiedades sensoriales (percepción de frescura, complejidad de sabor, aceptabilidad general), sino que también comunican narrativas de sostenibilidad y autenticidad que son ampliamente valoradas por turistas interesados en experiencias gastronomía responsable (23). En particular, estudios sobre turismo gastronómico en América Latina enfatizan que destinos que logran integrar innovación culinaria, sostenibilidad ambiental y narrativa territorial exitosamente conquistar segmentos de mercado de alto valor y generan lealtad de marca a largo plazo (9,10,25).

Fortalezas y limitaciones del estudio

- **Fortaleza metodológica:** El diseño cuasiexperimental comparativo permitió evaluar eficacia relativa bajo condiciones reproducibles y controladas (temperatura, tamaño de cubos, proporción de agentes ácidos), reduciendo variables confundentes y permitiendo conclusiones válidas sobre superioridad funcional del camu camu respecto a comparador tradicional.
- **Limitación reconocida:** El presente estudio no realizó análisis instrumentales (medición de pH mediante pH-métro, texturometría instrumental, análisis microbiológico cuantitativo, perfiles cromatográficos de compuestos bioactivos), lo que representa una limitación importante que debe abordarse en futuras investigaciones. La evaluación fue exclusivamente sensorial-descriptiva y visual, circunscribiendo las conclusiones al nivel de evidencia cualitativa. Sin embargo, esta limitación no invalida los hallazgos comparativos, que se basan en observación sistemática y reproducible, sino que los circunscribe apropiadamente a su alcance: caracterización organoléptica y comparación relativa de eficacia, no cuantificación instrumental de mecanismos bioquímicos.

Recomendaciones para futuras investigaciones

Se recomienda incorporar en próximas fases: (a) análisis de pH mediante pH-métro digital para documentar cuantitativamente la acidificación en tiempo real; (b) análisis textural instrumental mediante texturómetro para medir firmeza, cohesión y elasticidad del tejido marinado; (c) recuento microbiológico (aerobios mesófilos, enterobacterias, coliformes) para validar seguridad del proceso; (d) cromatografía líquida de alto rendimiento (HPLC) para cuantificar ácido ascórbico y fenoles residuales; (e) evaluación de vida útil bajo refrigeración (4 °C) en envases sellados; (f) aplicación en otras especies ictiológicas (tilapia, bagre, salmón de agua dulce) para generalizar hallazgos (26). Estas líneas permitirán profundizar en mecanismos bioquímicos específicos y consolidar la base científica para adopción industrial del camu camu como ingrediente de marinada en gastronomía amazónica ecuatoriana.

CONCLUSIONES

El camu camu constituye un agente ácido natural superior y viable para la desnaturalización proteica de pescados amazónicos. La investigación cuasiexperimental comparativa demostró que la pulpa fresca de *Myrciaria dubia* logra desnaturalización completa y estructuralmente estable de corvina (*Cilus gilberti*) en 30 minutos, reduciendo 25% el tiempo requerido por limón tradicional, mientras mantiene textura más firme, cohesión celular superior y perfil organoléptico diferenciado (acidez frutal fresca, aroma cítrico suave, equilibrio gusto-textura). Este desempeño supera al comparador internacional por sinergia entre acidificación (ácido ascórbico) y protección antioxidante (polifenoles), previniendo degradación proteolítica excesiva y oxidación post-corte que compromete calidad sensorial. Los resultados validan la viabilidad técnica del camu camu como alternativa funcional, localmente disponible y sostenible para procesos de marinado ácido en ceviches y preparaciones amazónicas, respondiendo directamente al objetivo central de analizar su uso como innovación culinaria.

El uso de camu camu como agente de marinada articula simultáneamente innovación tecnológica, sostenibilidad ambiental y desarrollo territorial, fortaleciendo la identidad gastronómica ecuatoriana. Más allá del desempeño funcional, la incorporación científicamente validada del camu camu en gastronomía amazónica contribuye a: (a) valorización de biodiversidad endógena mediante aprovechamiento responsable de fruto nativo con comprobada funcionalidad bioquímica; (b) reducción de dependencia de insumos importados, articulando economías circulares regionales y cadenas cortas de valor; (c) generación de demanda para productores locales amazónicos, especialmente comunidades

indígenas y rurales; (d) alineación con Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 12, 14, 15) y marcos de política ambiental ecuatoriana. Esta integración multidimensional posiciona al Ecuador como destino emergente de turismo gastronómico sostenible, diferenciándose en mercados globales mediante autenticidad, innovación responsable y narrativa territorial coherente, lo que amplía significativamente el impacto del hallazgo científico hacia desarrollo socioeconómico y conservación ambiental.

Futuras investigaciones instrumentales consolidarán la base científica del camu camu y expandirán su aplicación operativa en gastronomía sostenible. Aunque el presente estudio se limitó a evaluación sensorial estructurada (circunscrito a evidencia cualitativa comparativa), se identifican líneas de investigación prioritarias: (a) cuantificación instrumental de pH, texturometría, análisis de perfil de textura (TPA); (b) microbiología cuantitativa y evaluación de vida útil bajo refrigeración; (c) caracterización fitoquímica mediante HPLC de ácido ascórbico, polifenoles y antocianinas; (d) aplicación en otras especies ictiológicas locales para generalizar hallazgos; (e) desarrollo de protocolos estándar y fichas técnicas para adopción industrial por restaurantes y emprendimientos gastronómicos amazónicos. Estos desarrollos permitirán profundizar en mecanismos bioquímicos específicos, validar seguridad microbiológica, facilitar certificaciones de calidad (Denominación de Origen Protegida) y consolidar al camu camu como insumo estratégico de excelencia en innovación gastronómica científica y sostenible ecuatoriana a nivel global.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Borelli T, Hunter D, Padulosi S, et al. Local solutions for sustainable food systems. *Agronomy*. 2020;10(2):231. doi:10.3390/agronomy10020231
2. Ainiya SK, Zahri SSDD. The future of sustainable culinary: from local ingredients to the traveler's table. *Gastronary*. 2025. doi:10.36276/gastronomyandculinaryart.v4i1.834
3. Guerrero RBP, Cayo-Velásquez NE, Auquitas-Condori GM, Bojórquez-Vargas AR. Competitiveness in sustainable gastronomic tourism: integration of environmental practices in Latin American destinations. *Evol Stud Imagin Cult*. 2024;1180-1189. doi:10.70082/esiculture.vi.1349
4. Karaçar E, Ünal A, Çilesiz E, Atak O. Integration of sustainable food systems into innovative cuisine in Cittaslow cities: the case of Gerze. *J Lifestyle SDGs Rev*. 2024. doi:10.47172/2965-730x.sdgsreview.v5.n02.pe03860
5. Putra MK. Gastronomy tourism: local food and sustainable tourism experience – case study Cirebon. *Proc 1st NHI Tourism Forum*. 2019. doi:10.5220/0009196500190029
6. Maleachi S, Juliana J, Sianipar R, Sitorus NIB. Study of sustainable gastronomy tourism in Siantar City. *J Ilm Global Educ*. 2024. doi:10.55681/jige.v5i1.1528
7. Astari V, Hakim L, Putra F. The sustainable development strategy of marine-based gastronomy ecotourism at Southern Malang. *Environ Res Eng Manag*. 2023. doi:10.5755/j01.erem.79.2.33124
8. Hunter D, Borelli T, Beltrame DMO, et al. The potential of neglected and underutilized species for improving diets and nutrition. *Planta*. 2019;250(3):709-729. doi:10.1007/s00425-019-03169-4
9. Bardolet-Puigdollers M, Fusté-Forné F. A sustainable future for food tourism: promoting the territory through cooking classes. *Gastronomy*. 2023. doi:10.3390/gastronomy1010004
10. Csapody B, Ásványi K, Jászberényi M. Sustainable best practices of European culinary festivals. *Tour South East Eur*. 2021. doi:10.20867/tosee.06.11
11. Topuz OK. Effects of marinating time, acetic acid and salt concentrations on the quality of little tunny fish (*Euthynnus alletteratus*) fillet. *J Food Process Preserv*. 2016;40(6):1154-1163. doi:10.1111/jfpp.12696

12. Nie S, Zhang L, Hu J, et al. Dynamic changes in flavor characteristics of marinated silver carp during marinating: insight from amino acid metabolic pathways. *Food Res Int.* 2025;221(Pt 4):117553. doi:10.1016/j.foodres.2025.117553
13. Aguilar JF, Pengson LM. Physicochemical indicators of spoilage in marinated fish products: a review. *CLSU Int J Sci Technol.* 2024;8(1):1-23. doi:10.22137/ijst.2024.v8n1.06
14. Zhang L, Yu Y, Wen Q, et al. Decoding the effects of brining time on the sensory quality, physicochemical properties and flavor characteristics of marinated grass carp meat. *Food Chem X.* 2024;25:102081. doi:10.1016/j.fochx.2024.102081
15. Ogretici YK, Gokoglu N. Monitoring the ripening process of rainbow trout marinade prepared in different acid and salt concentrations by following the changes in physicochemical and sensory parameters. *J Aquat Food Prod Technol.* 2024. doi:10.1080/10498850.2024.2381001
16. Aberoumand A, Aminimehr A. The effects of additives as a marinade producer on nutritional quality parameters of *Oncorhynchus mykiss* fish during storage at 4°C. *Food Sci Nutr.* 2023;12(1):162-171. doi:10.1002/fsn3.3745
17. Teyin G, Nizamlioglu HF. The effect of different marinades on some quality and sensory properties of chicken breast meat. *J Tour Gastr Stud.* 2024;12(2):804–816. doi:10.21325/jotags.2024.1412
18. Chirinos R, Galarza J, Betalleluz-Pallardel I, Pedreschi R, Campos D. Antioxidant compounds and antioxidant capacity of *Myrciaria dubia* fruit. *Food Chem.* 2010;120(4):1019–1024. doi:10.1016/j.foodchem.2009.11.041
19. García-Chacón JM, Rodríguez-Pulido FJ, Heredia FJ, González-Miret ML, Osorio C. Characterization and bioaccessibility assessment of bioactive compounds from camu-camu (*Myrciaria dubia*) powders and their food applications. *Food Res Int.* 2023;176:113820. doi:10.1016/j.foodres.2023.113820
20. Dericioğlu BN, Özden Ö, Baygar T. Protein denaturation of sardine in different marination conditions. *J Food Process Preserv.* 2019;43(9):e14059. doi:10.1111/jfpp.14059
21. Logrén N, Hultmann L, Undeland I. Effects of weak acids on microbiological and sensory properties of pickled fish. *Foods.* 2022;11(12):1717. doi:10.3390/foods11121717
22. Olsen NV, Grunert KG, Sonne A. Consumer acceptance of high-pressure processing and pulsed-electric field: a review. *Trends Food Sci Technol.* 2010;21(9):464-472. doi:10.1016/j.tifs.2010.07.002
23. Latoch A, Czarniecka-Skubina E, Moczowska-Wyrwicz M. Marinades based on natural ingredients as a way to improve the quality and shelf life of meat: a review. *Foods.* 2023;12(19):3638. doi:10.3390/foods12193638
24. He H, Sun D, Pu H, Huang L. Bridging Fe₃O₄@Au nanoflowers and Au@Ag nanospheres with aptamer for ultrasensitive SERS detection of aflatoxin B1. *Food Chem.* 2020;324:126832. doi:10.1016/j.foodchem.2020.126832
25. Al-Mohusain R, Shibli R, Alghsoon R, Al Qudah T. Neglected and underutilized food plants: prospects in the Near East and North Africa – a review. *Braz J Agric Environ Eng.* 2026;30(2).