

LAS ESCAMAS DEL PESCADO, UNA MIRADA ALTERNATIVA COMO FUENTE
DE COLÁGENO Y SU USO EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA

XIUGNY YIRETH ANZUETA CUEVAS

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURA
INGENIERIA DE ALIMENTOS
PAMPLONA, NORTE DE SANTANDER

2020

LAS ESCAMAS DEL PESCADO, UNA MIRADA ALTERNATIVA COMO FUENTE
DE COLÁGENO Y SU USO EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA

XIUGNY YIRETH ANZUETA CUEVAS

Director

YANINE TRUJILLO NAVARRO PhD.

Codirector

DANIEL SALVADOR DURAN OSORIO PhD

Línea de Investigación

Optimización de procesos y vida útil de los productos agroalimentarios

Grupo de Investigación en Ingeniería y Tecnología de Alimentos GINTAL

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

FACULTAD DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURA

INGENIERIA DE ALIMENTOS

PAMPLONA, NORTE DE SANTANDER

2020

DEDICATORIA

Dedico este trabajo al esfuerzo de mis padres Nelson Eduardo Anzueta Medina, Dioneira Cuevas Gualdron que me apoyaron y confiaron en mí, a Dios por haberme dado la vida, por ser mi guía en cada paso que di.

AGRADECIMIENTOS

Este Review ha sido posible gracias a la colaboración de un numeroso grupo de personas, y por ello me gustaría agradecerélos a todos aquellos que han contribuido de alguna u otra forma:

En primer lugar, a Dios por haberme dado la fuerza y la sabiduría en todo momento durante mi carrera, a mi familia. A mis padres Nelson Eduardo Anzueta Medina, Dioneira Cuevas Gualdron, a mis hermanos Hosber Eduardo, Roberto Carlos , su esposa y Yanier Yisela por haber sido tan buenos conmigo y haberme apoyado en todo momento, a mi tía Yinet Anzueta y su familia por haber estado como mano amiga cuando necesite de su ayuda, a mi pareja Dimar Suarez por haberme brindado su amistad y comprensión durante el desarrollo de mis estudios y su familia por preocuparse por mi bienestar a mi directora de proyecto de grado, PhD. Yanine Trujillo Navarro por haberme dado la oportunidad de realizar este Review por haber confiado en mí, por instruirme de grandes conocimientos, pero sobre todo por la dedicación y paciencia durante el desarrollo de este proyecto.

A todos los profesores que de una u otra forma aportaron ese granito de arena el desarrollo de mi carrera, por todo el conocimiento impartido el cual me ayudo a formarme como persona y como profesional. Gracias a todo el equipo de profesores que conforman el núcleo de la ingeniería de alimentos A esas personas que he conocido durante el transcurso de la carrera, de las cuales aprendí muchas cosas bonitas, y de las que me llevare gratos recuerdos.

A esos compañeros de clases y prácticas, gracias por las buenas conversaciones y sobre todo por hacer de las clases momentos alegres que aunque estuvieron poco tiempo, su simpatía y energía las hace inolvidables. A las familias que me brindaron su vivienda como lugar de hospedaje durante mi tiempo de estadía, donde me han acogido como de su familia, gracias por siempre brindarme una mano amiga y estar en esos momentos de dificultad con migo. A mis amigos y compañeros de viaje: Mariana León , katiana Lozada, David Baldión , Samantha Echeverría, Deisy Bastos, Jhon Mendoza, Mayerly Jaimes, Alex Duarte por haber sido tan buenos conmigo y haberme apoyado en todo momento.

LAS ESCAMAS DEL PESCADO, UNA MIRADA ALTERNATIVA COMO FUENTE DE COLÁGENO Y SU USO EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA

Xiugny Yireth Anzueta Cuevas¹, Yanine Yubisay Trujillo Navarro, Daniel Salvador Duran Osorio

¹ Ingeniería de alimentos, Departamento de alimentos, Facultad de Ingenierías y Arquitectura, Universidad de Pamplona, Pamplona-Colombia

² Grupo de investigación GINTAL, Bioingeniería Alimentaria, Departamento de alimentos, Facultad de Ingenierías y Arquitectura, Universidad de Pamplona, Pamplona-Colombia

RESUMEN

El colágeno es una biomolécula o biopolímero esencial en los seres vivos, que se encuentra en mayor proporción en huesos y piel, representando del 25- 30% de las proteínas generales del cuerpo animal. El colágeno tipo I es el más utilizado y se encuentra en bovinos, porcinos, ovinos, caprinos, crustáceos y peces dentro de los cuales los acuícolas son los más llamativos para la industria. En Colombia, el pescado es uno de los productos pecuarios que tienen un alto consumo y producción con algunos residuos como las escamas que contienen colágeno. Dentro Los métodos descritos para la extracción del colágeno se encuentran la extracción ácida, enzimática, salina y por ultrasonido, siendo más utilizado el primero de los ya nombrados. Teniendo en cuenta la gran cantidad de peces con escamas que hay en Colombia, la obtención de colágeno a partir de estos desechos se muestra como una ventana importante para utilización dentro de la industria alimenticia aprovechando sus beneficios, frente a las exigencias actuales de los consumidores, permite sustituir grasa reduciendo riesgos de salud sin sacrificar la calidad y vida útil del producto.

Palabras claves: colágeno, escamas, extracción, industria de alimentos, pescado.

FISH SCALES, AN ALTERNATIVE VIEW AS A SOURCE OF COLLAGEN AND ITS USE IN THE FOOD INDUSTRY

ABSTRACT

Collagen is an essential biomolecule or biopolymer in living beings, which is found in greater proportion in bones and skin, representing 25-30% of the general proteins

of the animal body. Type I collagen is the most widely used and is found in cattle, pigs, sheep, goats, crustaceans and fish, among which aquaculture is the most striking for the industry. In Colombia, fish is one of the livestock products that have a high consumption and production with some residues such as flakes that contain collagen. Inside The described methods for the extraction of collagen are acid extraction, enzymatic to, saline and ultrasonid or, being used the first of those already named. Taking into account the large number of fish with scales that exist in Colombia, obtaining collagen from these wastes is shown as an important window for use within the food industry, taking advantage of its benefits, in light of current consumer demands , Allows you to substitute fat reducing health risks without sacrificing the quality and useful life of the product.

Keywords: collagen, flakes, extraction, food industry, fish.

INTRODUCCION

El colágeno es conocido como la proteína fibrosa mayoritaria de las proteínas conjuntivas o del estroma. Es descrito como una biomolécula o biopolímero esencial en los seres vivos, que se encuentra en mayor proporción en huesos y piel (Gauza-w et al., 2017; Marou-ek et al., 2015). Cumple un papel importante en el mantenimiento de la integridad de la estructura biológica, de las funciones de varios tejidos, por lo que representa el 25-30% de las proteínas generales del cuerpo animal (Menezes, Ribeiro, Abreu, Feitosa, & Filho, 2020; Bhagwat & Dandge, 2016)

Estudios realizados han demostrado que existen entre 27- 29 tipos de colágeno, teniendo más uso el tipo I, por su mayor disponibilidad, encontrándose en tejidos, piel, huesos, dermis, tendones, ligamentos y córnea, cuya composición tiene una estructura de triple hélice representado en tres cadenas α (α_1 - α_1 - α_2) de aproximadamente 1000 residuos de aminoácidos (Bhuimbar, Bhagwat, & Dandge, 2019; Arumugam, Sharma, Balakrishnan, & Ettiyappan, 2018; Krishnamoorthi et al., 2017; Bhagwat & Dandge, 2016).

Es ampliamente utilizado en la industria alimentaria como estabilizante, gelificante, materia prima para la sustitución de grasa, así como en la elaboración de tripas o fundas artificiales empleadas en embutidos cárnicos; en la farmacéutica y biomédica, como suplemento nutricional, revestimiento de medicamentos y elaboración de productos de protección de heridas en la piel; y en la cosmética, por su aplicación en diversos tratamientos para mejorar la salud del cabello, la piel y las

uñas, ingeniería de tejidos e industria del cuero (Arumugam et al., 2018); (Bhagwat & Dandge, 2016; Silvipriya, et al., 2015; Hashim, et al., 2015).

Fuentes de extracción de colágeno

El colágeno se obtiene de diversas fuentes animales, como son bovinos, porcinos, ovinos, caprinos, crustáceos y peces, siendo estos últimos, los de la cadena acuicola, los que han sumado interés actual por la industria, debido a que no presentan problemas alérgicos y de brote de enfermedades transmisibles a los humanos (Pati et al., 2012), y de los que se obtiene colágeno con características similares a la obtenida con tejidos de mamíferos (Kim y Venkatesan, 2014; Pati et al., 2012). Se trata de subproductos o materiales de desecho provenientes del pescado (huesos, piel, aletas y escamas), que pueden ser empleados como materia prima para la extracción de colágeno debido a sus excelentes características físicas, químicas y tecnológicas (Araújo et al., 2019; Bi et al., 2019). Esta alternativa de uso, ofrece además una posibilidad de reducción de desechos de la cadena piscícola, ya que ésta genera entre el 20 - 80% de residuos, dependiendo del nivel de procesamiento y tipo de pescado (Ghaly et al., 2013).

Recurso pesquero en Colombia

En Colombia existe una gran diversidad en especies de peces, gracias a la gran riqueza de sus afluentes hídricos, tanto de agua dulce como de agua salada. Según reportes estadísticos de parte de Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP) y el Sistema de Información del Servicio Estadístico Pesquero Colombiano (SEPEC), para enero del 2020, en Colombia fueron capturados en total 104 especies con escamas, que representa un total de 273,960 toneladas de peces. Las especies que representaron un número mayor de captura fueron *Prochilodus magdalenae* (58,232 Ton), conocido comúnmente como bocachico; *Oreochromis niloticus* (42,590 Ton), *Hoplias malabaricus* (23,966 Ton), *Caranx crysos* (18,129 Ton) y *Megaleporinus muyscorum* (11,842 Ton) (Tabla 1).

El pescado es uno de los productos pecuarios que tienen un alto consumo y producción en Colombia, de este producto se obtiene desechos como las escamas, que representan el 5% en relación a su peso (Rodríguez et al., 2016), las cuales son desechadas sin tener en cuenta sus propiedades nutricionales, funcionales, la posibilidad de uso industrial, material que ocasiona contaminación ambiental, más aún si se tiene en cuenta que de todos los productos agropecuarios de Colombia, éste representa el quinto producto más importante y el mayor recurso de proteína animal (Castillo, 2011).

Tabla 1. Producción de especies de pescado de escamas de agua dulce en Colombia, Enero de 2020

ESPECIE	NOMBRE COMERCIAL	REGIÓN COLOMBIANA								Total peces	Total escamas
		CARIBE		MAGDALENA		PACIFICO		SINU			
		Peso (Ton)	% Escamas	Peso (Ton)	% Escamas	Peso (Ton)	% Escamas	Peso (Ton)	% Escamas		
<i>Bairdiella ronchus</i>	Corvina	0,240	0,012							0,240	0,012
<i>Brycon moorei</i>	La Dorada		0,000	0,037	0,002					0,037	0,002
<i>Brycon sinuensis</i>	Dorada							0,045	0,002	0,045	0,002
<i>Caquetaia kraussii</i>	Mojarra Amarilla	0,846	0,042	5,068	0,253			10,424	0,521	16,338	0,816
<i>Centropomus ensiferus</i>	Robalo de Espolón	2,054	0,103					0,000	0,000	2,054	0,103
<i>Colossoma macropomum</i>	Cachama Negra	0,016	0,001	0,051	0,003					0,067	0,004
<i>Cynopotamus magdalenae</i>	Chango			2,140	0,107					2,140	0,107
<i>Curimata mivartii</i>	Vizcaína			1,252	0,063					1,252	0,063
<i>Cynopotamus atratoensis</i>	Cachana							0,112	0,006	0,112	0,006
<i>Cynoscion spp.</i>	Cachema Corvina	0,137	0,007							0,137	0,007
<i>Cyphocharax magdalenae</i>	Yalua	0,206	0,010	7,746	0,387			13,734	0,687	21,686	1,084
<i>Diapterus auratus</i>	Mojarra Blanca	0,500	0,025							0,500	0,025
<i>Eugerres plumieri</i>	Mojarra Rayada	0,501	0,025					0,016	0,001	0,517	0,026
<i>Gerres cinereus</i>	Mojarra Trompetera	0,079	0,004							0,079	0,004
<i>Larimus spp.</i>	Tambor del Pacifico					0,028	0,001			0,028	0,001
<i>Lutjanus colorado</i>	Pargo Colorado					0,277	0,014			0,277	0,014
<i>Megaleporinus muyscorum</i>	El Comelón			10,946	0,547			0,896	0,045	11,842	0,592
<i>Oreochromis niloticus</i>	Tilapia			41,465	2,073			1,125	0,056	42,590	2,129
<i>Prochilodus magdalenae</i>	Bocachico	0,226	0,011	32,268	1,613			25,738	1,287	58,232	2,911
TOTAL										158,173	7,908

Fuente: AUNAP, Servicio Estadístico Pesquero Colombiano – SEPEC, MADR, Enero de 2020

Solo para contextualizar, *Prochilodus magdalenae* (58,232 Ton), conocido como pescado bocachico, se obtuvieron 2,911 Ton de escamas en Colombia, que posiblemente fueron desaprovechadas, perdiendo el colágeno que se pudo obtener de ellas, el cual sirve para ser transformado por la industria para el uso en la elaboración de productos alimenticios, tales como embutidos cárnicos que permitiría más beneficios para el consumidor, teniendo en cuenta la implementación de alimentación saludable por medio de un producto atractivo para la sociedad consumista.

Aunque en la actualidad existen varios estudios sobre la extracción y caracterización del colágeno obtenido de diversos subproductos de pescado (Chen et L., 2016; Kittiphattanabawon ET AL., 2015; Li et al., 2013), no son suficientes de acuerdo con el número de especies que existen y sus hábitats, y carece de explotación a nivel industrial, destinándose sus usos a otros tipos de fines como en alimentación animal, bisutería, sin darle un uso relevante a este subproducto (Pérez, Z. y García, M. 2009).

En los últimos años se ha demostrado que las escamas de pescado son una excelente fuente de colágeno, entre el 41 al 81% (Pal et al., 2015; Menon & Lele, 2015; Liang et al., 2014; Pangestuti & Kim, 2014; Krishnan et al., 2012), dependiendo de la especie, lo que abre una posibilidad comercial e interés nutricional, funcional para la industria de alimentos.

Se han descrito cuatro tipos de escamas; cosmoides, característico en peces pulmonados, ganoides que se encuentran en peces espátula, elasmoides tipo de escamas presentan en tiburones, rayas y cicloides y ctenoides se encuentran en los peces con espinas óseas en sus aletas. De estos tres tipos, la que tiene mayor contenido de colágeno son las elasmoides ya que están compuestas por dos capas, el límite externo de la capa está altamente mineralizada, compuesta principalmente apatita o carbonato de calcio dependiendo del pez y la capa interna o elasmodina (Saenz, 2017).

Métodos de extracción del colágeno presente en escamas de pescado

En los últimos 19 años se ha despertado un gran interés en el uso del colágeno y con ello los métodos de extracción (Salvatore et al., 2020). La extracción de colágeno de las escamas de los peces, trae consigo una complejidad, tanto por las diferencias en conformación estructural de las especies piscícolas, como por la

composición química (Chuaychan et al., 2017). Sin embargo, el proceso combina 5 etapas, en las cuales se involucra tres etapas previas a la extracción, que consisten en la separación y lavado de la escama, reducción de tamaño y remoción de componentes no proteicos. Posteriormente, se realiza la extracción del colágeno por solubilización, en donde existe una amplia gama de métodos siendo estos la extracción enzimática, ácida, salina y por ultrasonido, procesos que comparten el común denominador de la temperatura, ya que se debe mantener un control de esta variable, la cual se recomienda mantener entre 4 a 10°C, para evitar la desnaturalización del colágeno (Pal et al., 2015). Entre algunos de estos métodos está el uso de sal de fenol que permite la extracción mediante la utilización hidróxido de sodio (NaOH), agua desionizada, sulfato de manganeso (MnSO₄), ácido hipocloroso (HClO) y fenóxido de sodio (C₆H₅O-Na⁺), permitiendo cuantificar proteínas, los autores lo consideran uno de los métodos más novedosos y económico a la hora de extracción de colágeno (Rodríguez Aranda, Arceo Zepeda, Ramírez Barragán, Delgado Fornue, & Andrade Ortega, 2016). En la mayoría de los estudios se encuentra el método de extracción de colágeno en ácido soluble, que se considera uno de los más utilizados, por ser económico y accesible, ya que solo se requiere de ácido etílico, que permite separar la grasa. Otros autores aparte de utilizar ácido soluble adicionan enzimas como la pepsina, delvolase y renina (Llerena Daza & Rodríguez Torres, 2017).

Una vez extraído el colágeno, la quinta y última etapa del proceso consiste en precipitar los minerales, principalmente los iones de calcio, para lo cual emplean 0,5 M de ácido etilendiaminotetraacético (EDTA), que sirve como blanqueador y agente quelante, ácido clorhídrico (HCl), diluye sales minerales, hidróxido de sodio (NaOH), ya que elimina proteínas no colágenas pero también permite quitar el impacto de las proteasas endógenas durante la extracción del mismo, ácido acético (CH₃ – COOH), el cual solubiliza el colágeno y cloruro de sodio (NaCl), que se emplea para separar las proteínas (Alzate Perez Soraya Isabel, 2018; Bhuiambar et al., 2019; Engraulis, 2017; Garcia Nava, 2017; Quintero & Zapata, 2017; Saenz, 2017).

De los métodos conocidos hasta hoy, la extracción con ácidos, es la que permite obtener un producto de una forma económicamente rentable, emplea insumos o reactivos fácil de adquirir, su sencillez en la ejecución de los procedimientos permite ser un método fácil de aplicar, no requiere de equipos de alta tecnología que dificulten su replicación y genere sobrecostos en su obtención, salvo por la dificultad del tiempo de extracción.

Entre los ácidos, el ácido acético a concentraciones de 0,5-0,7 M empleado en un relación 1:6 (p/v) por un tiempo que varía de 2-4 días, con agitación continua es el más utilizado, seguido de ácido cítrico y ácido láctico (Bao et al., 2018; Izkandar y Rizal 2018; Silva et al., 2014).

Por otra parte y al hablar de procesos de extracción, se debe considerar así mismo, los rendimientos de extracción, que en el caso del pescado, los rendimientos son considerablemente mayor en la piel, seguido de la escama y de la espina (Ahmed et al., 2019).

Propiedades fisicoquímicas del colágeno de escamas de pescado

Para cualquier producto de grado alimenticio, es importante, para extender su aplicación industrial conocer sus características fisicoquímicas, de tal manera que se expondrán algunas de las que presenta el colágeno tipo I, que es el componente mayoritario presente en el colágeno extraído de escamas de pescado.

Las propiedades que han sido evaluadas en investigaciones que referencian al colágeno extraído de escamas de pescado indican, que este posee una humedad ($8,0\pm 2,8\%$), grasa ($0,3\pm 0,8\%$), ceniza ($32,7\pm 0,02\%$), proteína ($87,6\pm 3,9\%$) la cual puede variar desde 41 a 87% ya que depende de la especie de pez, de la zona en la que hayan sido capturados o de la región de cultivo y los alimentos que los organismos hayan consumido durante su vida (Wang, L. et al. 2008; 2009), así como hidroxiprolina ($52,9\pm 2,9$), sustancia inorgánica como fosfato de calcio y carbonato de calcio de potencial uso en la alimentación animal (López et al., 2018; Engraulis, 2017; Quintero et al., 2016).

El colágeno tipo I presenta excelentes propiedades fisicoquímicas dentro de las cuales está la solubilidad, característica importante al momento de ser empleado en la industria de alimentos, ya que ésta facilita su uso, además permite tener una mejor disolución con los demás componentes en el cual se vaya a utilizar. Para ello, hay que tener en cuenta que si se realiza una extracción con ácido soluble, la solubilidad será menor que cuando se le adiciona pepsina, la cual al romper los enlaces covalentes (lisina, hidroxilina y aldehído), permite que este tenga una mayor solubilidad. Junto a la solubilidad, también es importante la estabilidad térmica del colágeno, en donde se debe tener en cuenta que ésta depende de la cantidad de aminoácidos que el colágeno posea en su estructura, en lo cual influyen variables como especie de pescado y fuente de obtención (espina, piel, escamas) y

temperatura del hábitat, ya que si hay mayor presencia de aminoácidos su estabilidad térmica será alta, de lo contrario si hay menor presencia será baja (Rastian et al, 2018; Tziveleka et al., 2017; Barros et al., 2015; Addad et al., 2011). Según reportes, el colágeno de pescado presenta una termoestabilidad de 420 °K (146,85°C) (Gauza-w et al., 2017).

Entre otras propiedades también destaca la capacidad de emulsificación (1,342 ml aceite/ 0,5 gm), de retención de agua (0,4 ml H₂O/g) y la capacidad formadora de espuma que se reporta en un 20% (Llerena Daza & Rodríguez Torres, 2017), las cuales son importantes en la elaboración de productos alimenticios en donde se puede diversificar su uso ya que estas características tecnológicas permiten la obtención de mezclas homogéneas, confieren jugosidad, y ayudan a brindar mejores propiedades de textura, propiedades claves en la transformación de alimentos, como en la industria cárnica, los productos de pasta fina poseen éstas características básicas y que de la mano con la digestibilidad, seguridad y funcionalidad por tratarse de una fuente que no produce alergias y composición rica en amino ácidos, beneficiaría al mismo tiempo la salud del consumidor.

Por lo anterior, es preciso mencionar otro de los aspectos importantes, sus propiedades funcionales, ya que gracias a la presencia de péptidos, en el que 8 de los 9 aminoácidos esenciales presentes en el colágeno, representan amplios beneficios para la salud humana y son muy versátiles a la hora de incluirlos en los productos alimenticios. Se trata de una estructura química triple hélice de cadenas alfa de aminoácidos que construyen fuertes fibras utilizadas en la estructura del cuerpo. Asimismo, éstas proteínas son de alta digestibilidad, su mayor efecto de saciedad que el de otras proteínas, rápida dispersión, una solubilidad instantánea buscada por la industria lo que le faculta y opta para ser aplicado en una multiplicidad de alimentos como barras de cereal, salsas, lácteos, sopas, café y diferentes bebidas, más aún, considerando el perfil organoléptico de este tipo de proteínas ya que son inoloros, incoloros de bajo sabor, le hacen merecedor al uso como materias primas funcionales ideales para esta industria, siendo un producto único que proporciona y garantiza propiedades versátiles, las cuales pueden ser empleados para ampliar la gama de productos.

Usos del colágeno en la industria de alimentos

El colágeno extraído de escamas de pescado tienen un potencial significativo que permite ampliar su aplicación en sectores alimentarios en donde, de acuerdo con sus propiedades fisicoquímicas y tecnológicas puede ser empleado como aditivo alimentario natural, para el desarrollo de envases biodegradables, como recubrimiento comestible y como material encapsulador (Menon & Lele, 2015; Pal, Nidheesh, & Suresh, 2015; Suresh et al., 2015; Nidheesh, Kumar, & Suresh, 2015; Nidheesh, Pal, & Suresh, 2015). Estas perspectivas son más aún ampliadas si se tiene en consideración que la legislación alimentaria no expone restricción alguna con respecto al uso del colágeno en los alimentos.

Teniendo en cuenta las propiedades fisicoquímicas, tecnológicas, funcionales y nutricionales obtenidas del colágeno ha sido ligeramente utilizado en la industria de alimentos, más específicamente en la cárnica, donde se ha utilizado como agente endurecedor en reestructurados y para reducir las pérdidas de exudado durante la cocción. Asimismo, ha sido empleado como cobertura superficial de la carne, demostrando la presencia de propiedades antibacterianas ya que la vida útil se puede extender durante el almacenamiento refrigerado (Ruíz, 2015).

Al ser un barrido de las posibles aplicaciones del colágeno obtenido de escamas de pescado, el panorama apunta a que en un futuro próximo, al momento de optimizar el proceso de extracción con rentabilidad para la industria, se dispondrá de una amplia gama de productos alimenticios en los que se involucre el uso de este material, lo que a su vez reducirá el problema ambiental de manera transversal al momento de potenciar su aplicación industrial, ofreciendo beneficios a las cadenas productivas tanto primarias como de transformación, así como a los consumidores quienes podrán contar con alimentos cuyos componentes sean cada vez más saludables .

CONCLUSIONES

La obtención de colágeno a partir de las escamas de pescado, ofrece una idea innovadora del uso de residuos de peces de una manera tecnológica que podría ser utilizada eficientemente en la gestión de residuos de peces, principalmente en países con gran diversidad de peces como Colombia, lo que conllevaría a una revalorización de éste subproducto considerado desecho.

El colágeno extraído de escamas de pescado, demuestra ser una materia prima optativa para la industria de alimentos, la cual despierta interés actual principalmente por sus bondades tecnológicas, sensoriales, nutricionales, funcionales, entre las que se pueden describir su facilidad de fundirse a temperatura corporal, su solubilidad, su capacidad de gelificar, espesar, ligar, espumar y formar películas o capas, lo que permite obtener propiedades de textura únicas, asegurándose la aceptación sensorial por sus excelentes características gustativa y que además, frente a las exigencias actuales de los consumidores, permite sustituir grasa reduciendo riesgos de salud sin sacrificar la calidad y vida útil del producto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Addad S., Exposito J.Y., Faye C., Ricard-Blum S., Lethias C. Isolation, characterization and biological evaluation of jellyfish collagen for use in biomedical applications, *Mar. Drugs* 9 (2011) 967–983.

Alzate Perez Soraya Isabel, Q. C. J. P. (2018). Bioplásticos de colágeno parcialmente hidrolizado obtenido de las escamas del reforzados con cáscarilla de arroz bocachico (*Prochilodum magdalenae*),. *Revista Informador Técnico*, 82(January), 89+.

Araújo, Í. B. S., Lima, D. A. S., Pereira, S. F., & Madruga, M. S. (2019). Quality of low-fat chicken sausages with added chicken feet collagen. *Poultry Science*, 98(2), 1064-1074. <http://doi.org/10.3382/ps/pey397>

Arumugam, G. K. S., Sharma, D., Balakrishnan, R. M., & Ettiyappan, J. B. P. (2018). Extraction, optimization and characterization of collagen from sole fish skin. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 9(March), 19-26. <http://doi.org/10.1016/j.scp.2018.04.003>

Bao Z., Sun Y., Rai K., Peng X., Wang S., Nian R., Xian M. The promising indicators of the thermal and mechanical properties of collagen from bass and tilapia: synergistic effects of hydroxyproline and cysteine, *Biomater. Sci.* 6 (11) (2018) 3042–3052.

Barros A.A., Aroso I.M., Silva T.H., Mano J.F., Duarte A.R.C., Reis R.L. Water and carbon dioxide: green solvents for the extraction of collagen/gelatin from marine sponges, *ACS Sustain. Chem. Eng.* 3 (2015) 254–260.

Bhagwat, P. K., & Dandge, P. B. (2016). Isolation, characterization and valorizable applications of fish scale collagen in food and agriculture industries. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 7, 234-240. <http://doi.org/10.1016/j.bcab.2016.06.010>

Bhumbar, M. V., Bhagwat, P. K., & Dandge, P. B. (2019). Extraction and characterization of acid soluble collagen from fish waste: Development of collagen-chitosan blend as food packaging film. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 7(2), 102983. <http://doi.org/10.1016/j.jece.2019.102983>

Bi, C., Li, X., Xin, Q., Han, W., Shi, C., Guo, R., ... Zhong, J. (2019). Effect of extraction methods on the preparation of electrospun/electrosprayed microstructures of tilapia skin collagen. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 128(2), 234-240. <http://doi.org/10.1016/j.jbiosc.2019.02.004>

Chen.S, Chen. H, Xie.Q, Hong.B, Chen.J, F. Hua, H. Wu Rapid isolation of high purity pepsin-soluble type I collagen from scales of red drum fish (*Sciaenops ocellatus*) *Food Hydrocoll.*, 52 (2016), pp. 468-477

Chuaychan S., Benjakul S., Kishimura H. Characteristics and gelling property of gelatin from scale of spotted golden goatfish (*Parupeneus heptacanthus*), *J. Food Process. Preserv.* 41 (2017) e13139

Engraulis, P. D. E. (2017). Extracción de Colágeno Proveniente de Residuos del Procesamiento de *Engraulis ringens* «Anchoveta». *Ciencia e Investigación*, 18(2), 65-68.

Garcia Nava, E. (2017). aprovechamiento de escamas de pescado provenientes de residuos solidos urbanos (RSU) para la obtencion de colageno y su uso en la preparacion de compositos con hidroxapatita. *universidad autonoma metropolitana*, 1.

Gauza-w, M., Kubisz, L., & Dariusz, W. (2017). Ciencia e Ingeniería de Materiales C Comparación de propiedades térmicas de fish colágeno y colágeno bovino en el rango de temperatura 298 - 670 K, 80, 468-471. <http://doi.org/10.1016/j.msec.2017.06.012>

Iskandar J., Rizal A. Characteristics of physical-chemical properties of collagen extracted from the skin of Bonylip barb fish (*Osteochilus vittatus*), *World Appl. Sci. J.* 36 (1) (2018) 78–84

Kittiphattanabawon.P, Benjakul.S, Sinthusamran, H. Kishimura Characteristics of collagen from the skin of clown featherback (*Chitala ornata*) *Int. J. Food Sci. Technol.*, 50 (9) (2015), pp. 1972-1978

Llerena Daza, T. E., & Rodríguez Torres, W. P. (2017). Obtención y caracterización de un hidrolizado de colágeno purificado producido mediante el uso de la enzima delvolase. *Anales Científicos*, 78(2), 251. <http://doi.org/10.21704/ac.v78i2.1067>

López Sampedro, S., & Almeida Hidalgo, M. (2018). Obtención de colágeno de escamas hidrolizado con rennina. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*, (2018-6), 1-8.

López S. Sandra, Almeida H. M. (2018). Obtención de colágeno de escamas hidrolizado con rennina. *Revista caribeña de ciencias sociales*. Junio 2018. En línea://www.eumed.net/rev/caribe/2018/06/obtencion-colageno.html

Menezes, M. do L. L. R., Ribeiro, H. L., Abreu, F. de O. M. d. S., Feitosa, J. P. de A., & Filho, M. de S. M. de S. (2020). Optimization of the collagen extraction from Nile tilapia skin (*Oreochromis niloticus*) and its hydrogel with hyaluronic acid. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 189(February). <http://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2020.110852>

Menon, V. V., & Lele, S. S. (2015). Nutraceuticals and bioactive compounds from seafood processing waste. In S. K. Kim (Ed.), *Springer handbook of marine biotechnology* (pp. 1405–1425). Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.

- Pal, G. K., Nidheesh, T., & Suresh, P. V. (2015). Comparative study on characteristics and in vitro fibril formation ability of acid and pepsin soluble collagen from the skin of catla (*Catla catla*) and rohu (*Labeo rohita*). *Food Research International*, 76, 804–812.
- Pangestuti, R., & Kim, S. K. (2014). Bioactive materials derived from seafood and seafood processing by-products. In A. Noomhorm, I. Ahmad, & A. K. Anal (Eds.), *Functional foods and dietary supplements: Processing effects and health benefits* (pp. 139–158). USA: Wiley-Blackwell.
- Quintero, J., & Zapata, J. E. (2017). Optimización de la Extracción del Colágeno Soluble en Ácido de Subproductos de Tilapia Roja (*Oreochromis spp*) mediante un Diseño de Superficie de Respuesta. *Informacion Tecnologica*, 28(1), 109-120. <http://doi.org/10.4067/S0718-07642017000100011>
- Quintero, J. y Zapata, J. 2016. Optimización de la Extracción del Colágeno Soluble en Ácido de Subproductos de Tilapia Roja (*Oreochromis spp*) mediante un Diseño de Superficie de Respuesta (Tesis de postgrado). Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S071807642017000100011&script=sci_abstract 7.
- Ramirez, C. Delgado, E. y Andrade, A. 2016. Cuantificación de proteína total en escamas de tilapia y pargo mediante sal de fenol. Coloquio de Investigación Multidisciplinaria , Vol. 4. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Carlos_Ramirez23/publication/309493241_Cuantificacion_de_proteina_total_en_escamas_de_tilapia_y_pargo_mediante_sal_de_fenol/links/58138ef508aeffbed6bc2358.pdf 8.
- Rastian Z., Pütz S., Wang Y.J., Kumar S., Fleissner F., Weidner T., Parekh S.H.I. Type, Collagen from jellyfish *Catostylus mosaicus* for biomaterial applications, *ACS Biomater. Sci. Eng* 4 (2155–2125) (2018).
- Rodríguez Aranda, A. C., Arceo Zepeda, J., Ramírez Barragán, C. A., Delgado Fornue, E., & Andrade Ortega, J. A. (2016). Cuantificación de proteína total en escamas de tilapia y pargo mediante sal de fenol. *Journal CIM Coloquio de Investigación Multidisciplinaria*, 4(1), 632-639.

Ruíz, A. A. B. (2015). Estado actual del aprovechamiento de subproductos de la industria pesquera mediante la obtención de productos de alto valor añadido, 3(2), 54-67.

Saenz, N. (2017). Obtención de Material Colagenoso de Escamas de Pescado y su Esterilización con Radiación Gamma. *Universidad Autónoma Del Estado De México*, 58.

Silva T.H., Moreira-Silva J., Marques A.L., Domingues A., Bayon, R.L. Reis, Marine origin collagens and its potential applications, *Mar. Drugs* 12 (2014) 5881–5901.

Tziveleka L.A., Ioannou E., Tsiourvas D., Berillis P., Foufa E., Roussis V. Collagen from the marine sponges *Axinella cannabina* and *Suberites carnosus*: isolation and morphological, biochemical, and biophysical characterization, *Mar. Drugs* 15 (6) (2017).

Wang, Y. y Regenstein, J. 2009. Effect of EDTA, HCl, and citric acid on Ca salt removal from Asian (silver) carp scales prior to gelatin extraction. *Journal of food science*, Vol. 74. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19723178> 8

Wang, C. Lu, I. y Chen, Ch. 2008. Evaluating firm technological innovation capability under uncertainty. *Technovation*, Vol. 28, 349-363. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166497207001393> 11.

Wang, Y. y Regenstein, J. 2009. Effect of EDTA, HCl, and citric acid on Ca salt removal from Asian (silver) carp scales prior to gelatin extraction. *Journal of food science*,

Z.R. Li, B. Wang, C.F. Chi, Q.H. Zhang, Y.D. Gong, J.J. Tang, G.F. Ding Isolation and characterization of acid soluble collagens and pepsin soluble collagens from the skin and bone of Spanish mackerel (*Scomberomorus niphonius*) *Food Hydrocoll.*, 31 (1) (2013), pp. 103-113

