

OBTENCIÓN EXPERIMENTAL DE COLÁGENO HIDROLIZADO A PARTIR DE LAS ESCAMAS DE PESCADO

EXPERIMENTAL PRODUCTION OF HYDROLYZED COLLAGEN FROM FISH SCALES

Dimelsa Betsabé Chicchi Callamullo

Universidad San Francisco Xavier

betsabechicchi@gmail.com

Resumen

El presente proyecto fue realizado con la finalidad de “Obtener colágeno natural hidrolizado a partir de las escamas de pescado”, para su aplicación como suplemento de calidad.

Para llevar a cabo las pruebas experimentales se empleó el diseño factorial de experimentos, para lo cual se hizo el uso del software estadístico Desing Expert 13, analizando a partir de los datos obtenidos en los laboratorios, el mayor rendimiento del proceso, indicando que las condiciones óptimas de operación fueron a: 0.1M de (NaOH), $t=3$ hrs para la eliminación de sustancias no colágenas, 0.3M de CH_3COOH $t=72$ hrs para la hidrólisis, finalmente un tiempo de extracción de 45 min con temperatura de 85°C , a partir de estos datos se obtuvo un rendimiento del 5,555% y proteínas del 39.4%.

Finalmente el colágeno hidrolizado obtenido según los análisis fisicoquímicos y propiedades funcionales indican que este producto es apto como suplemento de calidad para la salud en personas que sufren de artritis y enfermedades relacionadas.

Palabras clave: Colágeno, Proteína, Pruebas Experimentales, Curva de secado, Reología, Rendimiento.

Abstract

This project was carried out with the aim of "Obtaining hydrolyzed natural collagen from fish scales" for use as a quality supplement.

A 2^5 factorial design of experiments was used to conduct the experimental tests, utilizing the statistical software Design Expert 13. Based on the data obtained in the laboratories, the highest process yield was analyzed.

The optimal operating conditions were: 0.1M NaOH, $t = 3$ hours for the removal of non-collagenous substances; 0.3M CH_3COOH , $t = 72$ hours for hydrolysis; and finally, an extraction time of 45 minutes at a temperature of 85°C . Based on these data, a yield of 5.555% and 39.4% protein were obtained.

Finally, the hydrolyzed collagen obtained, according to physicochemical analysis and functional properties, indicates that this product is suitable as a quality health supplement for people suffering from arthritis and related diseases.

Keywords: Collagen, Protein, Experimental Tests, Drying Curve, Rheology, Yield.

Introducción

La pesca es una de las actividades económicas que se desarrolla en Bolivia, pero su práctica se ha extendido por varias regiones del país, aumentando la producción acuícola en agua dulce. Este sector genera una cantidad de residuos que corresponde al 50% del peso del pescado, que en la mayoría no son aprovechables. Los residuos del beneficio acuícola causan problemas de contaminación en suelos y fuentes hídricas por su disposición inapropiada, además podrían generar problemas de salud, estos residuos de pescado pueden ser aprovechados para la obtención de productos de mayor valor, minimizando así el impacto ambiental que generan al ser desechados. Una de las formas para disminuir el impacto de los residuos de la industria piscícola, es la incorporación de la economía circular con el aprovechamiento de estos residuos.

El presente trabajo de investigación consiste en la obtención de un colágeno natural

hidrolizado como materia prima y sustituto a los productos de importación, a partir de las escamas de pescado, desechos orgánicos que son provenientes de la industria piscícola de la ciudad de Sucre y que al ser desechados en los basureros o simplemente al aire libre, generan un gran impacto ambiental, como la emanación de malos olores, la proliferación de plagas y vectores causantes de enfermedades.

La obtención del colágeno hidrolizado se realizará mediante pruebas experimentales en laboratorio, a partir de las escamas de pescado (materia prima), aplicando una concentración determinada de reactivos y tiempo para la hidrólisis, finalmente un tiempo y temperatura para la extracción del colágeno.

Las fuentes de las que se extraen estas moléculas son de origen animal; en concreto las fuentes de colágeno pueden ser: bovinas (procedente de la piel de vacas), porcinas (procedente de la piel de cerdo), o marinas (procedentes de la piel y espinas de los peces) (Cristina, 2022).

El colágeno es un elemento muy importante en nuestra alimentación, es esencial en la ejecución de muchas de nuestras actividades diarias y está encargada de dar estructura, firmeza y elasticidad a la piel, mantiene la salud de los músculos, ligamentos, tendones y articulaciones. Contribuye a la prevención y tratamiento de enfermedades reumáticas no autoinmunes relacionadas con la degradación del colágeno, como la artrosis, hernias

discales, osteoporosis y reduce la aparición de las arrugas dérmicas.

El colágeno es una proteína de la matriz extracelular, la más abundante en el cuerpo humano, la cual posee funciones fundamentalmente estructurales, dando forma y resistencia al organismo (Cristina, 2022).

Materiales y métodos

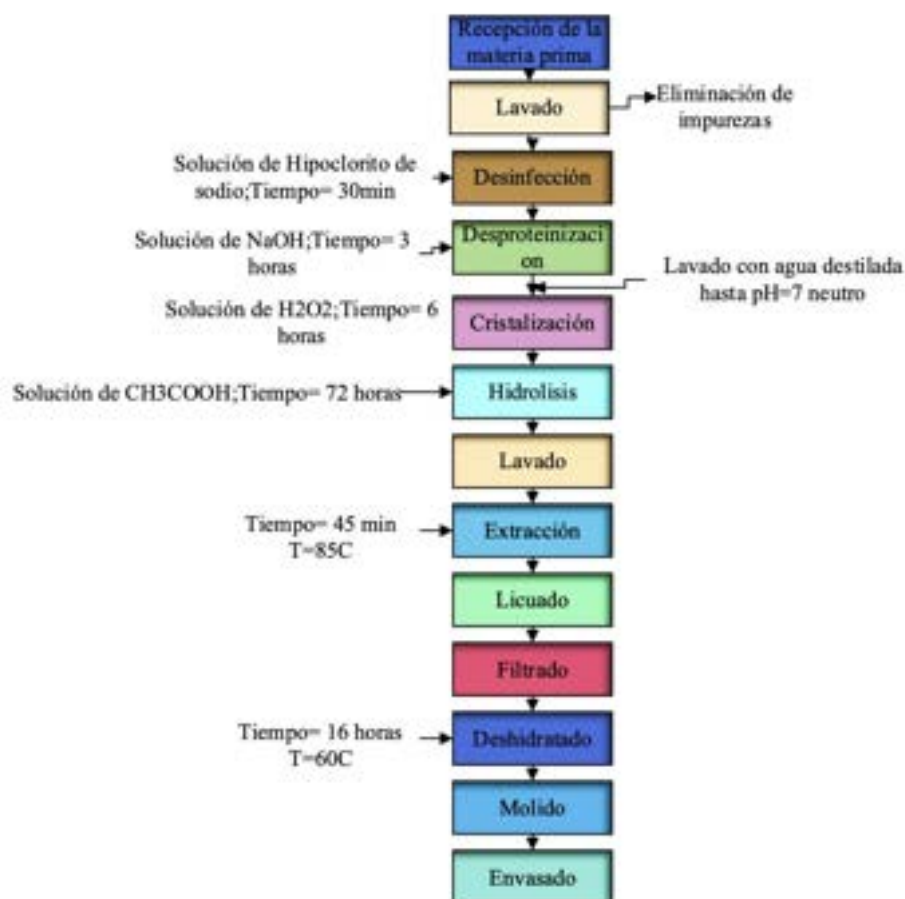
Tabla 1. Metodología del proyecto

Objetivos específicos	Actividades	Técnicas	Instrumentos - Herramientas
Determinar las propiedades fisicoquímicas de la Materia Prima.	Observar atentamente las características de la materia prima, para tomar información y posteriormente realizar los análisis.	Observación Científica – participante.	Se utilizó material de laboratorio, y se empleó el uso de tablas de datos, registros.
Determinar las variables que influyen en el proceso de obtención del colágeno	Analizar las variables controladas, que influyen en la variable de respuesta.	• Observación científica de abordaje previo. • Revisión documental.	Guía de observación para precisar los aspectos a observar de forma general.
Identificar el proceso adecuado para la obtención del colágeno hidrolizado a partir de las escamas de pescado.	Diseñar el proceso de obtención del colágeno y posteriormente realizar las pruebas del experimento.	Observación científica instrumentada. (experimento de laboratorio)	Material de laboratorio y el uso del software desing-expert 13.
Analizar las propiedades fisicoquímicas (humedad, proteína, grasa, ceniza), la fuerza reológica (viscosidad) y las propiedades funcionales del colágeno obtenido.	Observar cuidadosamente el producto obtenido para tomar información y posteriormente realizar los análisis del producto.	Observación científica – participante.	Se empleó el uso de material de laboratorio y el registro en una tabla de datos.
Realizar el respectivo balance de materia prima que involucraran en los costos para la obtención del colágeno hidrolizado a partir de las escamas de pescado.	Analizar la factibilidad del proyecto, el tiempo, estimación de los costos y recursos con los que se cuentan en las actividades que se desarrollaran.	• Observación y planificación, • Entrevista (personas que ya realizaron proyectos experimentales)	Se realizó un informe de los costos involucrados en el proyecto.

Fuente: Elaboración propia

Resultados

Figura 1. Diagrama de flujo de obtención del colágeno Hidrolizado



Fuente: Elaboración propia

Análisis fisicoquímico de las escamas de pescado

Tabla 2. Composición experimental fisicoquímica de las escamas de pescado.

Análisis Fisicoquímico (%)	Resultados experimentales	Mayra Abigail Aibar Inchaustegui	Jenifer Carolina Serrano Gaona
Humedad	8,42 %	Boquichico 14,36%– Lisa 13,29%	64,30%
Proteína	34,8 %	Boquichico 35,81% Lisa 36,59%	31,58%
Grasa	0,32 %	Boquichico --- Lisa ---	82,60%
Ceniza	53,5 %	Boquichico 30,29% Lisa 30,48%	0,96%

Fuente: I.T.A. (Instituto de Tecnología de Alimentos), Mayra Aibar, Jenifer Carolina Serrano Gaona.

Análisis del rendimiento de obtención del colágeno hidrolizado

Análisis del rendimiento del colágeno

El rendimiento de la extracción de colágeno a partir de las escamas de pescado está

indicado por la cantidad de materia prima ingresada al proceso y la cantidad de colágeno final en polvo obtenido, a continuación, se realiza el desarrollo del cálculo para el mejor rendimiento obtenido.

$$R\% = \frac{\text{masa de colágeno en polvo}}{\text{masa de escamas ingresado}} \cdot 100 = \frac{11,11 \text{ gr}}{200 \text{ gr}} \cdot 100 = 5,555\% \quad (\text{Ecuación 1})$$

Tabla 3. Análisis de varianza Anova

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-valué	D-valué	
Model	31,73	23	1,38	5,07	0,0115	Significant
A-Concentración de NaOH	1,29	1	1,29	4,75	0,0609	
B-Tiempo Tratamiento NaOH	1,56	1	1,56	5,74	0,0434	
C-Concentración de Ácido Acet	0,0200	1	0,0200	0,0736	0,7931	
D-Tiempo Trata Acido cético	3,84	1	3,84	14,11	0,0056	
E-Tiempo Cocción	13,66	1	13,66	50,25	0,0001	
AB	0,0520	1	0,0520	0,1912	0,6734	
AC	0,1800	1	0,1800	0,6620	0,4394	
AD	0,0018	1	0,0018	0,0066	0,9372	
AE	1,99	1	1,99	7,30	0,0270	
BC	0,0903	1	0,0903	0,3321	0,5803	
BD	0,7503	1	0,7503	2,76	0,1353	
BE	0,7719	1	0,7719	2,84	0,1305	
CD	1,42	1	1,42	5,24	0,0514	
CE	1,05	1	1,05	3,87	0,0848	
DE	0,0242	1	0,0242	0,0890	0,7731	
ABC	0,4802	1	0,4802	5,07	0,0115	
ABE	0,5382	1	0,5382	5,07	0,0115	
ACE	0,4950	1	0,4950	5,07	0,0115	
ADE	1,02	1	1,02	5,07	0,0115	
BCD	1,13	1	1,13	5,07	0,0115	
BCE	0,0004	1	0,0004	5,07	0,0115	
BDE	0,5940	1	0,5940	5,07	0,0115	
ABCE	0,7688	1	0,7688	2,83	0,1312	
Residual	2,18	8	0,2719			
Cor Total	33,90	31				

Fuente: Desing Expert 13.

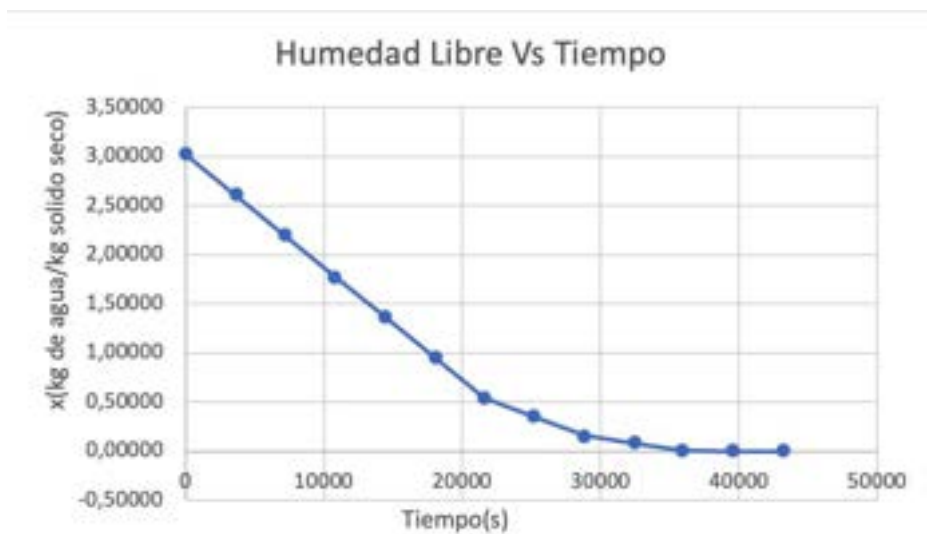
Curvas de velocidad de secado

Tabla 3. Análisis de varianza Anova

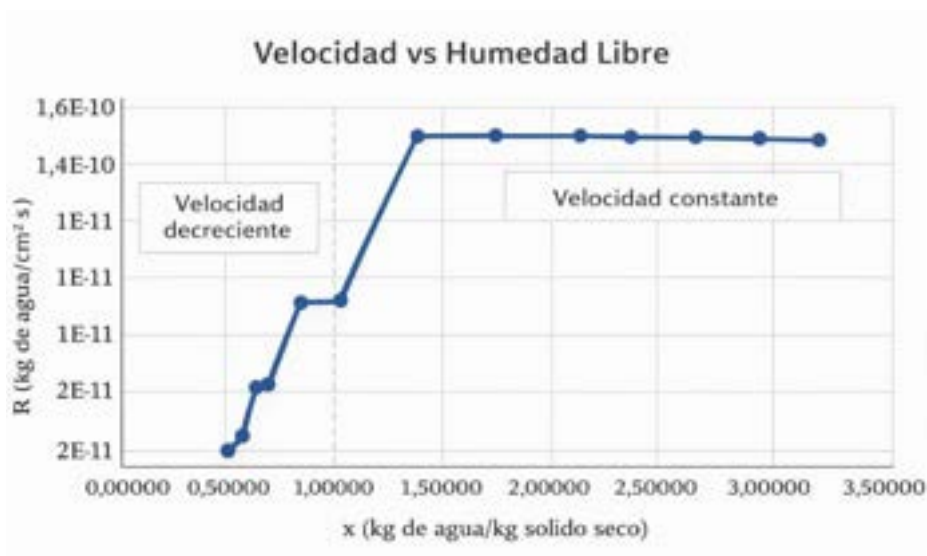
Tiempo (s)	m de colágeno (kg)	XT	X (kg agua/kg solido seco)	$\Delta x / \Delta t$	$R = -(Ls/A) (dx/dt)$
0	0,01923	3,03992	3,02101	-0,00011438	1,48249E-10
3600	0,01727	2,62815	2,60924	-0,00011438	1,48249E-10
7200	0,01531	2,21639	2,19748	-0,00011496	1,49005E-10
10800	0,01334	1,80252	1,78361	-0,00011496	1,49005E-10
14400	0,01137	1,38866	1,36975	-0,00011496	1,49005E-10
18000	0,0094	0,97479	0,95588	-0,00011496	1,49005E-10
21600	0,00743	0,56092	0,54201	-5,3688E-05	6,95863E-11
25200	0,00651	0,36765	0,34874	-5,3688E-05	6,95863E-11
28800	0,00559	0,17437	0,15546	-2,0425E-05	2,6473E-11
32400	0,00524	0,10084	0,08193	-2,0425E-05	2,6473E-11
36000	0,00489	0,02731	0,00840	-2,3343E-06	3,02549E-12
39600	0,00485	0,01891	0,00000	0	0
43200	0,00485	0,01891	0,00000	0	0

Fuente: Elaboración propia

Figura 2. Humedad libre Vs Tiempo



Fuente: Elaboración propia

Figura 3. Velocidad de secado Vs Humedad Libre

Fuente: Elaboración propia

Determinación de la fuerza reológica – viscosidad del colágeno obtenido

Ecuación de Ostwald o ley de la potencia:

$$\sigma = K (\dot{\gamma})^m$$

$$\log \sigma = \log K + m \log \dot{\gamma}$$

Si $m=1$ el fluido es newtoniano

Si $m < 1$ es pseudoplástico

Si $m > 1$ es dilatante

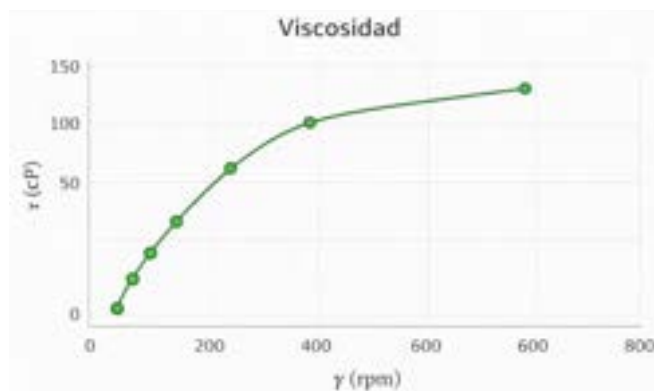
Tabla 5. Esfuerzo de corte Vs velocidad de corte

σ (rpm)	$\dot{\gamma}$ (cp)
600	135
300	115
200	95
100	62
60	45
30	30
6	13
3	10

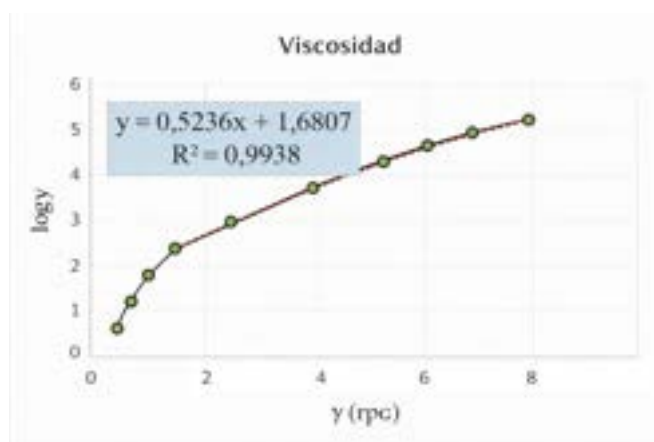
Fuente: Elaboración propia

Figura 4. Viscosidad del fluido en función del esfuerzo cortante en gelatina para el Colágeno

Reograma del comportamiento reológico del colágeno en gelatina a temperatura de 4

**Fuente:** Elaboración propia**Tabla 6.** Arreglo de la viscosidad según el modelo Ley de la Potencia

Log σ	Log γ
6,39692966	4,90527478
5,70378247	4,74493213
5,29831737	4,55387689
4,60517019	4,12713439
4,09434456	3,80666249
3,40119738	3,40119738
1,79175947	2,56494936
1,09861229	2,30258509

Fuente: Elaboración propia**Figura 5.** Arreglo de la viscosidad según el modelo "Ley de la Potencia"**Fuente:** Elaboración propia

$$y = 0,5236x + 1,6807$$

$$R^2 = 0,9938$$

$$y = 0,5236x + 1,6807$$

$$y = mx+b$$

$$\log K = 1,6807; m = 0,5236 \text{ fluido Pseudoplastico}$$

$$K = e^{-1,6807} = 0,18624$$

Análisis fisicoquímico del colágeno hidrolizado obtenido

Tabla 7. Análisis fisicoquímico de colágeno hidrolizado obtenido experimentalmente

Análisis Fisicoquímico (%)	Resultados experimentales	Cristian Darío Ramos Collaguazo	Mayra Abigail Aibar Inchaustegui	Sandra Elizabeth López Sampedro y Manuel Almeida Hidalgo (2018)
Humedad	7,90 %	---	---	8,03%
Proteína	39,4%	40,625% (Collaguazu, 2018)	26,68% especie lisa (Inchaustegui, 2022)	39,29% (Sandra Elizabeth, 2018)
Grasa	0,22 %	---		---
Ceniza	50,7 %	---		52,50%
Valor energético	167kcal/100g	---		
Calcio	22%	---		
Magnesio	18,7%	---		

Fuente: Elaboración propia con los resultados de los análisis de laboratorio ITA.

Comparación del colágeno obtenido experimentalmente con colágenos comerciales

Tabla 7. Análisis fisicoquímico de colágeno hidrolizado obtenido experimentalmente

INFORMACION NUTRICIONAL							
Colágeno obtenido experimentalmente			Colágenos comerciales				
Propiedad	Unidad	Cantidad	Herbalife	Vital Pro	LB	Jarmino	Zoi
			Cantidad	Cantidad	Cantidad	Cantidad	Cantidad
Valor energético	Kcal/100g	167	351	394,87	336,32	378	336,32
Proteínas	g/100g	39,4	35,1	23,89	18,3	90	18,3
Grasa	g/100g	0,22	0	11,91	0,65	0,5	0,65
Vitaminas y minerales							
Calcio	g/100g	22		0,122	0,122		0,122
Magnesio	mg/100g	187		99	99		99
Carbohidratos	g/100g	1,86	35,1	53,05	69,43	0,5	69,43

Fuente: Elaboración propia con los resultados de los análisis de laboratorio ITA.

Discusión

Los resultados experimentales se compararon con el producto obtenido por Mayra Abigail Aibar Inchaustegui en su proyecto realizado “Extracción de colágeno a partir de escamas de peces de río por hidrólisis mixta”.

Es posible explicar que los amplios rangos de las características fisicoquímicas que se reportan en la literatura, con especial énfasis en el contenido de proteínas, debido a que estos están influenciados por los diferentes procesos de extracción, las distintas especies, el lugar de cultivo de los animales y con gran influencia el tipo de alimentación y la temperatura de su medio de crecimiento. (Inchaustegui, 2022)

Conforme a los resultados del análisis de varianza ANOVA con un nivel de significancia se verificó los supuestos del modelo y de que si este llegara a ser significativo: el valor de F-valúe implica que el modelo es significativo, esto indica que tan bien el modelo describe la variable de respuesta es decir el rendimiento, además que este valor se encuentra por debajo de 0.05, solo existe un 1,15% de probabilidad de que un valor F tan grande pueda ocurrir debido al ruido.

El fluido (colágeno) es no newtoniano (de tipo Pseudoplastico) en el que la viscosidad va disminuyendo al aumentar la velocidad de deformación aplicada y está afectada directamente por la temperatura que fue de 4, al ser un fluido no newtoniano se han propuesto varios modelos matemáticos(reológicos) para predecir la viscosidad en función de la temperatura como: ley de la potencia, Herschel Bulkley y entre otros, finalmente el ajuste de $R^2 = 0,9938$ permitió identificar al modelo reológico que más se acopló al producto (colágeno) siendo: Ostwald o ley de la potencia y Herschel – Bulkley. (Aguilar, 2024),sin

embargo los índices probados a 20 se asemeja a los fluidos newtonianos esto quiere decir que la temperatura tiene mucha influencia sobre el comportamiento reológico de los productos.

Los resultados obtenidos del colágeno hidrolizado en polvo experimentalmente que fueron comparados con el colágeno obtenido por: Cristian Darío Ramos Collaguazo en su proyecto “Obtención y caracterización de colágeno a partir de las escamas de pescados rojo y pardo”, Sandra Elizabeth López Sampedro y Manuel Almeida Hidalgo (2018) en su proyecto “Obtención de colágeno de escamas hidrolizado con rennina” el contenido de proteínas obtenido experimentalmente fue del 39,4% lo que coincide con el colágeno obtenido por dichos proyectos ,sin embargo existen otros proyectos en el que se obtuvo hasta un 87% de proteínas en las pieles lo que significa que su uso es para el sector industrial ,según la bibliografía consultada menciona que el contenido de proteínas puede variar hasta un 87% ya que depende de la especie de pez, de la zona en la que hayan sido capturados o de la región de cultivo, de los métodos de extracción y los alimentos que los organismos hayan consumido durante su vida. (Bing Wang, 2013).

Conclusiones

Se determinaron las características fisicoquímicas de las escamas de pescado, cuyos análisis indicaron que éste contiene un 34,8% de proteína; 0,32 % de grasa; 8,42% de humedad y 53,5% de ceniza, por lo que el pescado tiene un alto contenido de colágeno.

Se pudo establecer que las variables implicadas directamente sobre el rendimiento del colágeno son las concentraciones y tiempo de tratamiento de las soluciones de hidróxido de sodio y ácido acético, así como

también el tiempo de extracción, según el tiempo empleado y las cantidades de reactivos implicará de manera directa sobre la cantidad de colágeno a producir y el grado de hidrólisis.

El proceso adecuado y óptimo para la extracción de colágeno por el método de hidrólisis química según el software estadístico Desing Expert 13 fue a 0,1 M de concentración de hidróxido de sodio, con un tiempo de 3 horas; 0,3M de concentración de ácido acético con un tiempo de 72 horas para la hidrólisis y un tiempo de extracción de 45 minutos en donde las variables que tuvieron mayor influencia sobre el rendimiento del colágeno fueron: el tiempo de extracción y el tiempo de hidrólisis, a estas condiciones se logró alcanzar un 5,555% de rendimiento, partiendo de 200 g de escamas.

Se observó que el tiempo óptimo para la hidrólisis básica fue de 3 horas con una concentración de 0,1M y 72 horas para la hidrólisis ácida con una concentración de 0,3M, esto se puede comprobar en la consistencia de la gelatina extraída, sin embargo, al emplear otras concentraciones y tiempos de los reactivos daba como resultado una gelatina menos compacta y con bajo rendimiento.

Los análisis fisicoquímicos del producto final colágeno hidrolizado en polvo obtenido indicaron que este tiene características de un polvo blanquecino, sin sabor ni olor, con 39,4% de proteína; 0,22% de grasa; 7,90% de humedad y 50,7% de ceniza, además de que tiene un contenido de 18,7% de magnesio; 22% de calcio y 167 kcal de valor energético, lo cual lo convierte en un producto apto como suplemento para la salud de las personas que realizan deportes y otras actividades, debido a que con el pasar de los años se sufre de la pérdida de colágeno por lo que es necesario sustituirla en forma de suplementos.

El comportamiento reológico del producto indica que este es un fluido no newtoniano, que va perdiendo viscosidad conforme se va aplicando una velocidad de deformación que es afectado directamente por la temperatura.

Durante las pruebas experimentales, la producción tuvo un costo de 376,7 bs incluyendo gastos en materia prima, reactivos, energía eléctrica, agua potable, gas y otros gastos generales, de manera que producir 10gr de colágeno hidrolizado implica un costo unitario de 11,52bs, determinando así el precio de venta de 16,45 bs con una utilidad del 30% por cada 10gr de colágeno.

Referencias

Aguilar, J. C. (2024). Calculos de Reologia e Hidraulica.

Bing Wang, L. L.-H. (2013). Purificación y caracterización de un nuevo péptido antioxidante derivado del hidrolizado proteico de mejillón azul (*Mytilus edulis*).

Collaguazu, C. D. (2018). Obtencion y caracterizacion de colageno a partir de las escamas de pescados rojo y pardo. Obtenido de: <https://www.dspace.uce.edu.ec/entities/publication/8f42b63c-1c3f-4d10-b116-eb5722458973>

Cristina, G. H. (2022). REVISIÓN DE LA EFICACIA DE LOS SUPLEMENTOS DE COLAGENO Y ACIDO HIALURONICO EN LA SALUD DE LA PIEL Y EL APARATO LOCOMOTOR. Obtenido de: <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/54096/TFG-H2437.pdf>

Inchaustegui, M. A. (2022). Extraccion de Colageno a partir de escamas de peces de rio por hidrolisis mixta. Obtenido de: https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/9120/Mayra_Tesis_Titulo_2023.PDF?sequence=1&isAllowed=y

Sandra Elizabeth, L. S. (2018). Obtencion de colageno de escamas hidrolizado con renina. Obtenido de: <file:///C:/Users/HP/Downloads/Dialnet-ObtencionDeColagenoDeEscamasHidrolizadoConRennina-9736756.pdf>