

# Ảnh hưởng của một số yếu tố đến trạng thái và tính chất lưu biến của gelatin tách chiết từ da cá tra (*Pangasius*) ở Việt Nam

Nguyễn Trọng Bách\*, Nguyễn Thị Ngọc Ánh

Khoa Công nghệ Thực phẩm, Trường Đại học Nha Trang, 2 Nguyễn Đình Chiểu, phường Vĩnh Thọ, TP Nha Trang, tỉnh Khánh Hòa, Việt Nam

Ngày nhận bài 22/8/2022; ngày chuyển phản biện 25/8/2022; ngày nhận phản biện 26/9/2022; ngày chấp nhận đăng 29/9/2022

## **Tóm tắt:**

Nghiên cứu này khảo sát ảnh hưởng của một số yếu tố như nhiệt độ, nồng độ gelatin, muối (NaCl, CaCl<sub>2</sub>) hay sucrose đến trạng thái và một số tính chất lưu biến (độ nhớt, mô đun đàn hồi) của dung dịch gelatin được tách chiết từ da cá tra (*Pangasius*) ở Việt Nam. Đây là những yếu tố công nghệ tác động có ảnh hưởng đến khả năng ứng dụng của gelatin trong công nghiệp thực phẩm. Kết quả nghiên cứu cho thấy, dung dịch gelatin có thể chuyển sang trạng thái gel ở nồng độ 0,7% tại 5°C và nhiệt độ tạo gel tăng lên khi tăng nồng độ gelatin. Ở nhiệt độ trên 20°C, độ nhớt của gelatin tăng mạnh ở nồng độ trên 4%. Sucrose hỗ trợ tăng độ nhớt và nhiệt độ hình thành gel của gelatin tăng khi nồng độ sucrose trên 10%, độ nhớt tăng lên khoảng 4 lần khi tăng nồng độ sucrose từ 10 lên 30%. Trong khi đó NaCl hay CaCl<sub>2</sub> lại có tác dụng ngược lại, nhiệt độ tạo gel và độ nhớt của dung dịch gelatin giảm khi tăng hàm lượng muối trên 20 mM (NaCl), 10 mM (CaCl<sub>2</sub>).

**Từ khóa:** cá tra, độ nhớt, gel, gelatin, mô đun đàn hồi.

**Chỉ số phân loại:** 2.8, 2.10, 4.6

## Effect of factors on the status and rheological properties of gelatin extracted from catfish skin (*Pangasius*) in Vietnam

Trong Bach Nguyen\*, Thi Ngoc Anh Nguyen

Faculty of Food Technology, Nha Trang University, 2 Nguyen Dinh Chieu Street, Vinh Tho Ward, Nha Trang City, Khanh Hoa Province, Vietnam

Received 22 August 2022; revised 26 September 2022; accepted 29 September 2022

## **Abstract:**

This study investigates the influence of some factors, such as temperature, concentration of gelatin, salt (NaCl, CaCl<sub>2</sub>) or sucrose, on the status and some rheological properties (viscosity, storage modulus) of gelatin solution extracted from catfish skin (*Pangasius*) in Vietnam. These are the technological factors that affect the applicability of gelatin in the food industry. The research results show that the gelatin solution can form a gel at a concentration of 0.7% at 5°C, and the gelling temperature increases with increasing gelatin concentration. At temperatures above 20°C, the viscosity of gelatin increases strongly at concentrations of gelatin above 4%. Sucrose helps to increase the viscosity and increase the gel-forming temperature of gelatin when the concentration of sucrose is above 10%; the viscosity increases about 4 times when the concentration of sucrose increases from 10 to 30%. Meanwhile, sodium chloride or calcium chloride has the opposite effect; the gelling temperature and the viscosity of gelatin solution decreases when the salt content increases above 20 mM (NaCl), 10 mM (CaCl<sub>2</sub>).

**Keywords:** catfish, gel, gelatin, storage modulus, viscosity.

**Classification numbers:** 2.8, 2.10, 4.6

\* Tác giả liên hệ: Email: ntbachnt@ntu.edu.vn

## 1. Đặt vấn đề

Gelatin được tách chiết từ nhiều nguồn khác nhau như từ động vật trên cạn, thủy sản và chứa nhiều trong da, gân của động vật [1-6]. Hiện tại, nguồn gelatin được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực công nghiệp trong đó có ngành công nghiệp thực phẩm, mà nguồn gelatin chủ yếu từ động vật [5, 7, 8]. Tuy nhiên, gelatin từ động vật trên cạn có những hạn chế nên nhiều lĩnh vực đang định hướng sử dụng gelatin có nguồn gốc từ động vật thủy sản [6, 7].

Gelatin là một protein chức năng có tính thuận nghịch nhiệt [4, 9], có ứng dụng khá đa dạng và đóng vai trò như một chất làm dày, chất làm đặc..., mỗi ứng dụng đòi hỏi gelatin phải có những đặc tính hóa lý khác nhau. Các yếu tố ảnh hưởng đến đặc tính hóa lý của gelatin như nồng độ [4, 10], pH [6, 8, 11, 12] các chất đồng tạo gel, đường [13-16], hay có sự xuất hiện của các muối [3, 17-20]. M.V. Chandra và cs (2013) [4] đã chỉ ra nhiệt độ tạo gel và nhiệt độ tan chảy của dung dịch/gel gelatin 6,67% tách chiết từ xương cá nước ngọt thuộc họ cá trôi (*Cirrhinus mrigala*) lần lượt là 8°C và 17°C, trong khi đó M.V. Chandra và cs (2015) [21] lại xác định nhiệt độ này cao hơn (15°C và 25°C) đối với gelatin từ vây cá chép Nam Á. Mô đun đàn hồi của gelatin tăng khi nồng độ của gelatin tăng trên 100 g/kg. Mô đun đàn hồi và nhiệt độ tạo gel/nhiệt độ tan chảy của gelatin từ cá và từ động vật có vú được I.J. Haug và cs (2004) [12] so sánh, kết quả nghiên cứu chỉ ra mô đun đàn hồi cũng như nhiệt độ tạo gel, nhiệt độ tan chảy của cá thấp hơn của gelatin từ động vật có vú. Đây là ưu việt của gelatin từ thủy sản trong những ứng dụng cần sử dụng hàm lượng gelatin cao và tan chảy ở nhiệt độ thấp.

Ảnh hưởng của đường đến trạng thái và tính chất cơ lý của gelatin khá rõ ràng, khi thêm đường vào làm cho dung dịch gelatin ổn định hơn [16], tăng nhiệt độ chuyển trạng thái [9, 13] cũng như tăng mô đun đàn hồi [9, 11, 17]. D. Oakenfull và cs (1986) [16] đã chỉ ra khi hàm lượng đường sucrose tăng từ 100 lên 400 g/kg (4 lần) thì mô đun đàn hồi tăng lên 2,3 lần. Xu hướng ảnh hưởng này cũng được tìm ra tương tự bởi L.C. Sow và cs (2015) [15]. Ngược lại với sự ảnh hưởng của đường, khi có mặt của muối, nhiệt độ chuyển trạng thái cũng như mô đun đàn hồi của gelatin giảm [3, 6, 17]. N.M. Sarbon và cs (2014) [22] đã chỉ ra nhiệt độ tạo gel/tan chảy/mô đun đàn hồi của gelatin từ da cá nục vây ngắn giảm từ 9,9°C/23,8°C/118 Pa xuống còn 6,3°C/17,6°C/5,9 Pa nếu dung dịch gelatin chứa 0,4 M CaCl<sub>2</sub>. Chiều hướng giảm nhiệt độ chuyển trạng thái cũng như mô đun đàn hồi giảm khi có mặt của muối NaCl cũng được trình bày trong nghiên cứu của J.M. Koli và cs (2013) [11].

Các nghiên cứu trong nước chủ yếu đánh giá đặc tính của gelatin để tối ưu hóa quá trình tách chiết gelatin từ da cá tra. Ở nghiên cứu này tập trung khảo sát đặc tính chức năng

như sự hình thành trạng thái, nhiệt độ tạo gel của dung dịch gelatin tách chiết từ da cá tra ở các nồng độ, nhiệt độ khác nhau. Sự ảnh hưởng của nồng độ, đường và muối đến độ nhớt, mô đun đàn hồi của dung dịch hay gel gelatin. Từ đó làm cơ sở cho việc định hướng sử dụng của nguồn gelatin này ở mỗi ứng dụng cụ thể trong một số ngành công nghiệp nói chung cũng như trong lĩnh vực thực phẩm nói riêng.

## 2. Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Đối tượng

Bột gelatin từ da cá tra (Progel 250, lô số 0657) là sản phẩm thương mại của Công ty Vĩnh Hoàn Collagen (Đồng Tháp). Một số chỉ tiêu hóa lý và vi sinh vật của gelatin được trình bày tại bảng 1.

**Bảng 1. Một số chỉ tiêu hóa lý và vi sinh vật của gelatin nguyên liệu.**

Chỉ tiêu	Giá trị
Độ Bloom	250
pH (dung dịch 1%)	6,23
Âm	10,18%
Tro	0,44%
Protein	90,2%
Tổng vi sinh vật hiếu khí	20 cfu/g
Tổng nấm men và nấm mốc	<10 cfu/g
<i>Staphylococcus aureus</i>	Không phát hiện
<i>Escherichia coli</i>	Không phát hiện
<i>Coliforms</i>	Không phát hiện
<i>Salmonella</i>	Không phát hiện/25 g

### 2.2. Phương pháp nghiên cứu

**Quan sát trạng thái dung dịch gelatin:** Gelatin được hòa tan trong điều kiện khuấy đều trong 20 phút tại 60°C. Sáu gram dung dịch gelatin tại các nồng độ khác nhau được đựng trong các lọ thí nghiệm trong suốt có đường kính 1,5 cm. Các lọ mẫu được đặt trong bể ổn nhiệt khoảng 45 phút tại các nhiệt độ cố định trước khi quan sát trạng thái bằng cách đặt dốc lọ xuống một góc 45°, mẫu ở trạng thái gel nếu không thấy chảy khi nghiêng dốc lọ mẫu. Việc quan sát trạng thái của dung dịch gelatin từ nhiệt độ cao (50°C) xuống thấp (5°C) với bước nhảy 5°C và 0,5°C ở nhiệt độ gần điểm tạo gel.

**Đo mô đun đàn hồi:** Mô đun đàn hồi được xác định theo sự biến thiên tần số của dao động lắc, thời gian và nhiệt độ bằng thiết bị đo lưu biến (ARG2, TA Instruments, Mỹ) sử dụng đầu đo côn trên để phẳng có kích thước đường kính 40 mm và góc côn là 1°. Nhiệt độ quá trình đo mẫu được kiểm soát bởi hệ thống kiểm soát nhiệt độ Peltier. Để chống mất nước do bay hơi ở nhiệt độ cao khi đo mô đun đàn hồi tại tần số 0,1 Hz, mẫu được phủ bởi một lớp parafil.

**Đo độ nhớt:** Mẫu dung dịch gelatin được chuẩn bị ở 60°C. Độ nhớt của dung dịch được xác định bằng thiết bị đo độ nhớt Brookfield LVDV-I prime (Brookfield AMETEK, USA) sử dụng đầu đo số 61 tại tốc độ quay 100 vòng/phút. 50 ml dung dịch gelatin được đựng trong ống đựng mẫu có đường kính 30 mm và được duy trì nhiệt độ bằng cách đặt trong bể ổn nhiệt điều khiển kỹ thuật số (Circulator Bath TC-502). Để chống bay hơi mẫu, các ống đựng mẫu được đậy nắp inox trong quá trình ổn định nhiệt độ và đo độ nhớt.

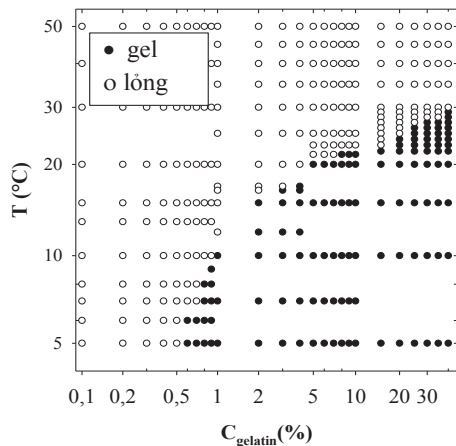
**2.3. Hóa chất**

NaCl, CaCl<sub>2</sub> được mua từ Công ty Merck (Đức) và sucrose từ Công ty Xilong (Trung Quốc). Theo thứ tự, độ tinh khiết (≥99,5%, 99,5% và 99,0%) và độ hòa tan (358 g/l, 1280 g/l và 2115 g/l).

**3. Kết quả và bàn luận**

**3.1. Trạng thái lỏng - gel của dung dịch gelatin**

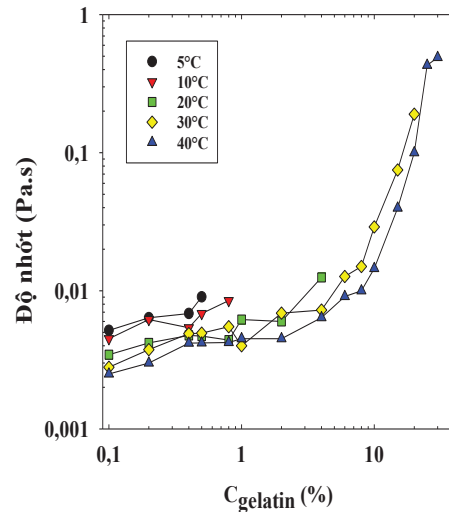
Trạng thái của dung dịch gelatin phụ thuộc vào nồng độ và nhiệt độ (hình 1). Dung dịch gelatin có nồng độ dưới 0,7% không tạo gel trong khoảng nhiệt độ khảo sát. Nhiệt độ tạo gel tăng khi tăng nồng độ gelatin. Nhiệt độ tạo gel có thể lên đến 30°C nếu nồng độ đạt 40%. Ở nhiệt độ cao, mạch poly peptit duỗi ra ở dạng mạch đơn, tuy nhiên khi nồng độ đủ lớn và nhiệt độ đủ nhỏ các mạch thẳng hình thành xoắn đôi [5, 7] hay xoắn ba tạo nên mạng lưới gel do lúc này liên kết hydro giữa các mạch poly peptit mạnh lên làm dung dịch gelatin chuyển sang thái sang gel.



Hình 1. Trạng thái lỏng (o) - gel (•) của dung dịch gelatin ở các nồng độ.

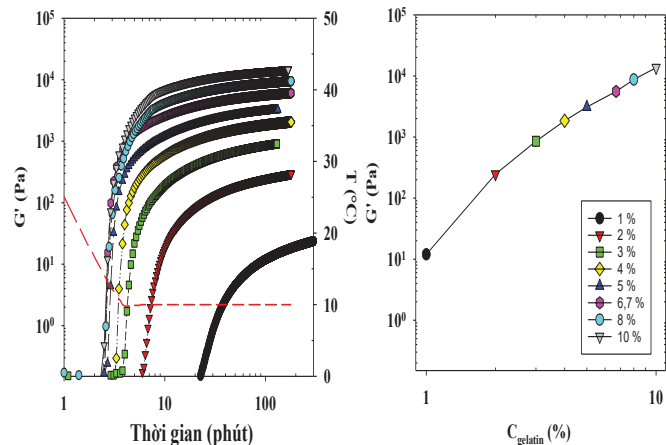
**3.2. Ảnh hưởng của nồng độ gelatin và nhiệt độ đến độ nhớt, mô đun đàn hồi của dung dịch gelatin**

Hình 2 biểu diễn độ nhớt của các dung dịch gelatin ở nhiệt độ khác nhau. Độ nhớt tăng không đáng kể khi nồng độ dưới 6% ở tất cả các nhiệt độ đo. Nhiệt độ giảm hay nồng độ dung dịch gelatin tăng dẫn đến độ nhớt tăng do sự sắp xếp lại cấu trúc mạch poly peptit chặt chẽ hơn bởi liên kết hydro mạnh dần [5, 14].



Hình 2. Độ nhớt của dung dịch gelatin ở các nồng độ, nhiệt độ khác nhau.

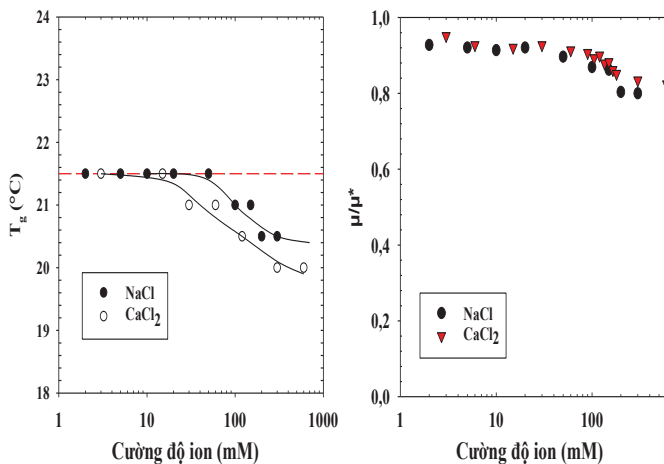
Nồng độ gelatin cũng ảnh hưởng đến mô đun đàn hồi, ở 10°C, mô đun đàn hồi của gel gelatin tăng khi tăng nồng độ gelatin (hình 3). Động học quá trình hình thành gel thể hiện rõ ràng tại các nồng độ khác nhau. Tại nồng độ gelatin thấp gel hình thành trễ và yếu hơn, chẳng hạn dung dịch gelatin 1% hình thành gel sau 22 phút và mô đun đàn hồi tăng và đạt giá trị ổn định khoảng 25 Pa. Trong khi đó dung dịch gelatin 3% sẽ hình thành gel khi làm lạnh sau 4 phút và gel có mô đun đàn hồi gần 900 Pa. Như vậy, theo thời gian làm lạnh động học quá trình hình thành xoắn đôi, xoắn ba diễn ra với mức độ và mật độ tăng; đặc biệt là các dung dịch gelatin có nồng độ cao, quá trình này càng diễn ra nhanh và gel mạnh hơn bởi sự tăng cường hình thành xoắn 3 do các liên kết hydro cũng như ảnh hưởng bởi các tương tác tĩnh điện [7, 17].



Hình 3. Mô đun đàn hồi ở 10°C của dung dịch gelatin tại các nồng độ khác nhau theo thời gian (bên trái) và mô đun đàn hồi của gel gelatin sau 100 phút (bên phải).

### 3.3. Ảnh hưởng của muối (NaCl, CaCl<sub>2</sub>) đến nhiệt độ tạo gel và độ nhớt của dung dịch gelatin

Dưới sự có mặt của muối, độ nhớt cũng phụ thuộc vào nhiệt độ và nồng độ như trường hợp dung dịch gelatin không bổ sung muối (kết quả không được trình bày). Ở cường độ ion thấp dưới 20 mM, nhiệt độ tạo gel và độ nhớt của dung dịch không phụ thuộc vào sự có mặt của muối, tuy nhiên nhiệt độ tạo gel và độ nhớt của dung dịch gelatin có sự thay đổi đáng kể khi nồng độ muối được bổ sung vào tăng lên. Nhiệt độ tạo gel giảm xuống khi tăng nồng độ muối, ảnh hưởng của muối CaCl<sub>2</sub> đến nhiệt độ tạo gel của gelatin mạnh hơn đối với muối NaCl (hình 4, bên trái). Sự có mặt của muối làm giảm độ nhớt của dung dịch gelatin ( $\mu/\mu^* < 1$ ), đặc biệt khi cường độ ion lớn hơn 100 mM (hình 4, bên phải). Xu hướng ảnh hưởng của muối đến độ nhớt của dung dịch gelatin cũng tương tự như những nghiên cứu trước đây đối với các loại gelatin có nguồn gốc khác [3, 6, 12, 17-19] CaSO<sub>4</sub> and MgSO<sub>4</sub>. S.S. Choi và cs (2000) [19] quan sát thấy rằng, NaCl làm giảm độ bền gel của một số gelatin thương mại từ các nguồn khác nhau và tác giả cho rằng hiệu ứng này là do NaCl có khả năng phá vỡ các liên kết kỵ nước và hydro, chúng ngăn cản sự ổn định của liên kết các vùng lân cận gel, hoặc trực tiếp ngăn chặn sự hình thành liên kết hydro trong vùng lân cận.

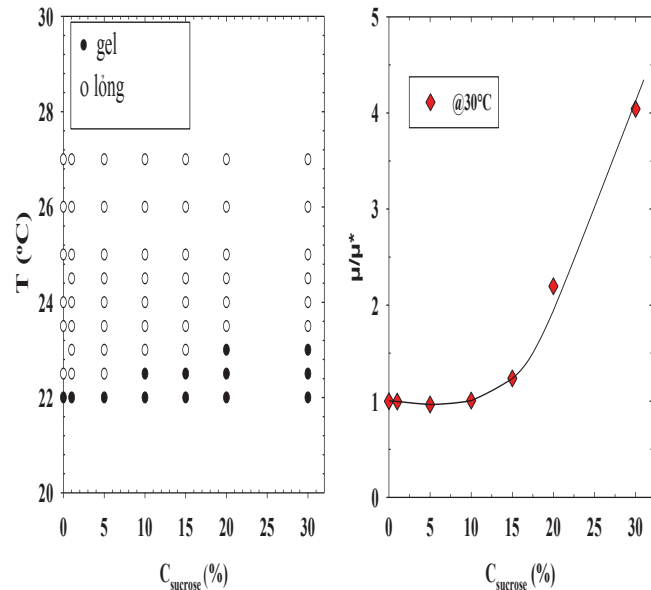


Hình 4. Sự phụ thuộc cường độ ion đến nhiệt độ giới hạn tạo gel ( $T_g$ ) sau khi làm lạnh 45 phút (trái) và tỷ số độ nhớt của dung dịch gelatin 10% có ( $\mu$ ) và không bổ sung muối ( $\mu^*$ ) tại 30°C (phải).

### 3.4. Ảnh hưởng của sucrose đến trạng thái và độ nhớt của dung dịch gelatin

Hình 5 trình bày sự phụ thuộc nồng độ sucrose đến trạng thái lỏng - gel và độ nhớt của dung dịch gelatin. Nhiệt độ hình thành trạng thái gel của gelatin 10% tăng lên khi bổ sung trên 10% sucrose. Sucrose cũng làm độ nhớt của dung dịch gelatin 10% tăng cao hơn trường hợp không có sucrose

( $\mu/\mu^* > 1$ ), đặc biệt tăng mạnh ở nồng độ sucrose trên 15%. Việc bổ sung sucrose sẽ làm giảm entanpi và entropi của dung dịch gelatin dẫn đến tăng khả năng hình thành các xoắn đôi được liên kết chéo bởi các liên kết hydro, do đó nhiệt độ tạo gel/nhiệt độ tan chảy của dung dịch/gelatin tăng lên [14].



Hình 5. Sự phụ thuộc nồng độ sucrose đến trạng thái lỏng - gel (trái) và độ nhớt của dung dịch gelatin 10% có ( $\mu$ ) và không bổ sung sucrose ( $\mu^*$ ) tại 30°C (phải).

Đối với ảnh hưởng của nhiệt độ tại các nồng độ gelatin khác nhau dưới sự có mặt của sucrose, quy luật thay đổi giá trị độ nhớt tương tự như đối với dung dịch gelatin tinh khiết (hình 2). Tuy nhiên, ở nồng độ gelatin dưới 7% thì độ nhớt có tăng nhưng ít phụ thuộc vào sucrose có nồng độ dưới 25% (kết quả không được trình bày).

## 4. Kết luận

Trong phạm vi của nghiên cứu, trạng thái và một số tính chất lưu biến của dung dịch gelatin bị ảnh hưởng lớn bởi nhiệt độ, nồng độ gelatin và sự có mặt của muối hay sucrose. Dung dịch gelatin có độ nhớt tăng khi tăng nồng độ hay giảm nhiệt độ, nó có thể chuyển sang trạng thái gel ở nồng độ 0,7% tại 5°C, và nhiệt độ tạo gel tăng lên khi tăng nồng độ gelatin. Sucrose hỗ trợ tăng độ nhớt và tăng nhiệt độ hình thành gel của dung dịch gelatin khi nồng độ sucrose trên 10, độ nhớt tăng lên khoảng 4 lần khi tăng nồng độ sucrose từ 10% lên 30%. Trong khi đó NaCl hay CaCl<sub>2</sub> lại có tác dụng ngược lại, nhiệt độ hình thành gel và độ nhớt của dung dịch gelatin giảm khi tăng hàm lượng muối NaCl hay CaCl<sub>2</sub>.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] N. Ktari, M. Jridi, R. Nasri, et al. (2014), “Characteristics and functional properties of gelatin from zebra blenny (*Salaria basilisca*) skin”, *LWT - Food Sci. Technol.*, **58(2)**, pp.602-608, DOI: 10.1016/j.lwt.2014.03.036.
- [2] H.S. Tabarestani, Y. Maghsoudlou, A. Motamedzadegan, et al. (2010), “Optimization of physico-chemical properties of gelatin extracted from fish skin of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)”, *Bioresour. Technol.*, **101(15)**, pp.6207-6214, DOI: 10.1016/j.biortech.2010.02.071.
- [3] A.I. Sarabia, M.C.G. Guillén, P. Montero (2000), “The effect of added salts on the viscoelastic properties of fish skin gelatin”, *Food Chem.*, **70(1)**, pp.71-76, DOI: 10.1016/S0308-8146(00)00073-X.
- [4] M.V. Chandra, B.A. Shamasundar, P.R. Kumar (2013), “Viscoelastic and flow properties of gelatin from the bone of freshwater fish (*Cirrhinus mrigala*)”, *J. Food Sci.*, **78(7)**, DOI: 10.1111/1750-3841.12158.
- [5] Q. Luo, M.A. Hossen, Y. Zeng, et al. (2022), “Gelatin-based composite films and their application in food packaging: A review”, *J. Food Eng.*, **313**, DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2021.110762.
- [6] M. Nurilmala, N. Darmawan, E.A.W. Putri, et al. (2021) “Pangasius fish skin and swim bladder as gelatin sources for hard capsule material”, *Int. J. Biomater.*, **2021**, DOI: 10.1155/2021/6658002.
- [7] M. Nurilmala, H. Suryamarevita, H.H. Hizbullah, et al. (2022), “Fish skin as a biomaterial for halal collagen and gelatin”, *Saudi J. Biol. Sci.*, **29(2)**, pp.1100-1110, DOI: 10.1016/j.sjbs.2021.09.056.
- [8] M.C.G. Guillen, B. Gimenez, M.E.L. Caballero, et al. (2011), “Functional and bioactive properties of collagen and gelatin from alternative sources: A review” *Food Hydrocoll.*, **25(8)**, pp.1813-1827, DOI: 10.1016/j.foodhyd.2011.02.007.
- [9] D. Hidayati, M.U. Alfarisy, M.A. Khairunnisa, et al. (2021), “Gelatin characteristics from the skin of *Pangasius hypophthalmus* (striped catfish) with different of body size and extraction treatments: Viscosity, microstructure and its potential for pharmaceutical purposes”, *AIP Conf. Proc.*, **2384**, DOI: 10.1063/5.0071966.
- [10] L.C. Barman, M.B.H. Sikder, I. Ahmad, et al. (2021), “Gelatin extraction from the Bangladeshi pangas catfish (*Pangasius pangasius*) waste and comparative study of their physicochemical properties with a commercial gelatin”, *Int. J. Eng. Technol. Sci.*, **7(2)**, pp.13-23, DOI: 10.15282/10.15282/ijets.7.2.2020.1002.
- [11] J.M. Koli, S. Basu, N. Kannuchamy, et al. (2013), “Effect of pH and ionic strength on functional properties of fish gelatin in comparison to mammalian gelatin”, *Fish. Technol.*, **50**, pp.126-132.
- [12] I.J. Haug, K.I. Draget, O. Smidsrød (2004), “Physical and rheological properties of fish gelatin compared to mammalian gelatin”, *Food Hydrocoll.*, **18(2)**, pp.203-213, DOI: 10.1016/S0268-005X(03)00065-1.
- [13] T. Tau, S. Gunasekaran (2016), “Thermorheological evaluation of gelation of gelatin with sugar substitutes”, *LWT - Food Sci. Technol.*, **69**, pp.570-578, DOI: 10.1016/j.lwt.2016.02.015.
- [14] X. Li, S. Makino, K. Gekko (1992), “Effects of polyols and sugars on the sol-gel transition of gelatin” *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, **56(8)**, pp.1279-1284, DOI: 10.1271/bbb.56.1279.
- [15] L.C. Sow, H. Yang (2015), “Effects of salt and sugar addition on the physicochemical properties and nanostructure of fish gelatin”, *Food Hydrocoll.*, **45**, pp.72-82, DOI: 10.1016/j.foodhyd.2014.10.021.
- [16] D. Oakenfull, A. Scott (1986), “Stabilization of gelatin gels by sugars and polyols”, *Top. Catal.*, **1(2)**, pp.163-175, DOI: 10.1016/S0268-005X(86)80018-2.
- [17] M. Gudmundsson (2002), “Rheological properties of fish gelatins”, *J. Food Sci.*, **67(6)**, pp.2172-2176, DOI: 10.1111/j.1365-2621.2002.tb09522.x.
- [18] H.J. Bae, H.J. Park, S.I. Hong, et al. (2009), “Effect of clay content, homogenization RPM, pH, and ultrasonication on mechanical and barrier properties of fish gelatin/montmorillonite nanocomposite films”, *LWT - Food Sci. Technol.*, **42(6)**, pp.1179-1186, DOI: 10.1016/j.lwt.2008.12.016.
- [19] S.S. Choi, J.M. Regenstein (2000), “Physicochemical and sensory characteristics of fish gelatin”, *J. Food Sci.*, **65(2)**, pp.194-199, DOI: 10.1111/j.1365-2621.2000.tb15978.x.
- [20] S. Chatterjee, H.B. Bohidar (2005), “Effect of cationic size on gelation temperature and properties of gelatin hydrogels”, *Int. J. Biol. Macromol.*, **35(1-2)**, pp.81-88, DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2005.01.002.
- [21] M.V. Chandra, B.A. Shamasundar (2015), “Rheological properties of gelatin prepared from the swim bladders of freshwater fish *Catla*”, *Food Hydrocoll.*, **48**, pp.47-54, DOI: 10.1016/j.foodhyd.2015.01.022.
- [22] N.M. Sarbon, C.S. Cheow, Z.W. Kyaw, et al. (2014), “Effects of different types and concentration of salts on the rheological and thermal properties of sin croaker and shortfin scad skin gelatin”, *Int. Food Res. J.*, **21(1)**, pp.317-324.