



## JURNAL SEGARA

<http://ejournal-balitbang.kkp.go.id/index.php/segara>

ISSN : 1907-0659

e-ISSN : 2461-1166

DOI : 10.15578/segara.v19i2.14673

### KARAKTERISTIK KIMIAWI KOLAGEN LARUT ASAM DARI CANGKANG BULU BABI

#### CHEMICAL CHARACTERISTICS OF ACID-SOLUBLE COLLAGEN FROM SEA URCHIN SHEEL

Muh Ali Arsyad\*, Arham Rusli dan Rosmaladewi

Program Studi Pengolahan dan Penyimpanan Hasil Perikanan, Politeknik Pertanian Negeri Pangkajene Kepulauan  
Jl. Poros Makassar-Pare Km.83 Pangkep, Sulawesi Selatan, Indonesia. 90655. Telp (0410) 2312703; 2312704,  
Fax : (0410) 2312705

Received: 2 July 2024 / Accepted: 9 August 2024 / Published: 30 August 2024

#### ABSTRAK

Cangkang merupakan *by-product* dari industri pengolahan bulu babi. Proporsi cangkang hingga 85% lebih banyak dimanfaatkan sebagai *feed additive*. Penelitian ini bertujuan mengekstraksi kolagen dari cangkang bulu babi menggunakan asam asetat dan laktat (0,25-0,5 M). Kolagen larut asam selanjutnya dianalisa gugus fungsionalnya dengan metode *Fourier transform spectroscopy* (FTIR). Semakin tinggi konsentrasi asam yang digunakan pada ekstraksi semakin tinggi rendemen kolagen yang dihasilkan. Rendemen kolagen tertinggi didapatkan pada konsentrasi 0,5 M asam asetat. Analisis FTIR kolagen larut asam menunjukkan gugus fungsi amida A (3351,64), B (2964,00), I (1663,25), II (1558,16), dan III (1244,97) ( $\text{cm}^{-1}$ ). Hasil identifikasi gugus fungsional menunjukkan bahwa kolagen larut asam dari cangkang bulu babi sesuai dengan standar kolagen.

**Kata kunci :** cangkang bulu babi, kolagen, kolagen larut asam,

#### ABSTRACT

*Shells, a by-product of the sea urchin processing industry. The proportion of shells up to 85% is more widely used as a feed additive. This research aims to extract collagen from sea urchin shells using acetic and lactic acid (0.25-0.5 M). The acid-soluble collagen was then analyzed for its functional groups using the Fourier transform spectroscopy (FTIR) method. The higher the acid concentration used in extraction, the higher the yield of collagen produced. The highest collagen yield was obtained at a concentration of 0.5 M acetic acid. FTIR analysis of acid-soluble collagen showed functional of amide A (3351.64), B (2964.00), I (1663.25), II (1558.16), and III (1244.97) ( $\text{cm}^{-1}$ ). The results of functional group identification show that the acid-soluble collagen from sea urchin shells is in accordance with collagen standards.*

**Keywords:** acid-soluble collagen, collagen, sea urchin shell

#### 1. PENDAHULUAN

Peningkatan produksi olahan ikan dari hasil tangkapan dan budidaya juga diikuti dengan peningkatan *by-product* seperti kulit, sisik, tulang, cangkang dan gelembung renang. Pada bulu babi, rendemen gonad (1,5-5%) yang menjadi produk utama jauh

lebih kecil dibanding dengan cangkang (85%) (Tupan & Silaban, 2017). Cangkang bulu babi merah (*Strongylocentrotus franciscanus*) dan hijau (*Strongylocentrotus droebachiensis*) memiliki proporsi masing-masing 47,9 dan 40,7% dari total berat (Amarowicz et al., 2012). Pada umumnya *by-product* dari industri

Corresponding author:  
Muh Ali Arsyad. Email : [muh.aliarsyadabdullah@gmail.com](mailto:muh.aliarsyadabdullah@gmail.com)

pengolahan hasil perikanan dimanfaatkan hanya sebagai bahan pakan ternak (Nurilmala et al., 2022). Cangkang bulu babi telah digunakan sebagai suplemen untuk merangsang *moulting* pada udang vaname (Heriansah et al., 2021). Kolagen (25-30% total protein hewani) adalah bagian matrik ekstraseluler protein yang memiliki peran mempertahankan struktur berbagai jaringan diantaranya pada jaringan ikat seperti kulit, tulang, tendon, pembuluh darah, membran basal, tulang rawan dan gigi (Pamungkas et al., 2018). Kolagen banyak ditemukan pada kulit dan tulang hewan *terrestrial* seperti babi dan ayam (Wang et al., 2018), bahkan lebih dari 70% kolagen yang ada saat ini dibuat dari babi selanjutnya dari sapi (Nurilmala et al., 2022).

Penggunaan kolagen dari babi dan turunannya terbatas karena alasan Agama Islam yang mengharamkan, sementara kolagen sapi terhalang karena alasan penyakit sapi gila (Nurilmala et al., 2022; Wang et al., 2018). Kolagen dari ikan sangat potensial untuk dikembangkan di negara muslim seperti Indonesia. Kolagen telah ditemukan pada *by-product* industri pengolahan hasil perikanan seperti pada kulit. Rendemen kolagen larutan asam di kulit pada beberapa ikan seperti baronang (*Siganus fuscescens*), sea chub (*Kyphosus bigibbus*) dan ikan landak (*Diodon holocanthus*) masing-masing sebesar 3,4–3,9%, 5,3–5,7% dan 4% berat kering (Bae et al., 2008), dan kolagen larut pepsin pada kulit ikan landak (*Diodon holocanthus*) 19,5% berat kering (Huang et al., 2011). Walaupun kolagen banyak dihasilkan dari kulit ikan tetapi beberapa penelitian telah membuktikan bahwa cangkang juga mengandung kolagen. Kolagen larut asam cangkang kerang dara (*Anadara granosa*) dan kerang hijau (*Mytilus viridis*) masing-masing 2,03 dan 1,96%. Berdasarkan beberapa penelitian di atas, cangkang bulu babi bisa menjadi alternatif sumber kolagen halal. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan karakter kolagen yang diekstrak dari cangkang bulu babi. Cangkang bulu merupakan *by-product* dari industri pengolahan hasil perikanan.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### Preparasi Bahan Baku

Cangkang bulu babi dicuci dengan air dingin, ditiriskan selanjutnya dikeringkan di oven pada suhu 20°C selama 12 jam. Cangkang kering yang dihasilkan selanjutnya

dikemas dalam plastik polietilen, dimasukkan dalam cool box, ditambah gel ice kemudian disimpan pada suhu -18°C hingga waktu digunakan.

### Ekstraksi Kolagen Larut Asam

Ekstrak kolagen larut asam pada cangkang bulu babi dilakukan berdasarkan modifikasi dari metode yang dikembangkan oleh Arsyad, et al. (2018). NaOH 0,1 N ditambahkan pada sampel dengan perbandingan (20:1 v/w) selanjutnya dihomogenkan sebelum disentrifugasi pada kecepatan 10.000 g selama 20 menit. Proses pencucian alkalin dilakukan sebanyak 3 kali. *Precipitate* yang dihasilkan dari proses sentrifugasi ditambahkan (1) 0,2 M asam asetat; atau (2) 0,5 M asam asetat; atau (3) 0,2 M asam laktat atau (4) 0,5 M asam laktat dengan perbandingan (10:1 v/w) kemudian dihomogenkan dengan *magnetic stirrer* selama 3 hari. Larutan homogen selanjutnya disentrifugasi pada kecepatan 10.000 g selama 20 menit. *Precipitate* yang dihasilkan diekstraksi kembali dengan larutan yang sama selama 2 hari. Supernatan yang dihasilkan dari 2 kali ekstraksi disatukan, larutan tersebut digunakan sebagai kolagen larut asam.

### Rendemen kolagen

Rendemen kolagen dihitung berdasarkan metode yang dikembangkan oleh Chuaychan et al. (2015) dengan sedikit modifikasi, berat kering kolagen yang telah dibekukeringkan dibandingkan dengan berat kering tepung cangkang bulu babi

### Analisis proksimat

Kadar air, kadar abu, protein, dan lemak cangkang bulu babi dan kolagen ditentukan berdasarkan metode AOAC (2006).

### Fourier transform spectroscopy (FTIR)

Analisis gugus fungsi kolagen dengan FTIR dilakukan mengacu pada metode yang diterapkan oleh Pamungkas et al. (2018). Kolagen dicampur dengan kalium bromida, kemudian dipadatkan dalam cetakan pelet dan divakum dalam mesin pencetak pelet. Pengukuran dilakukan pada bilangan gelombang 650-4.000/cm. Gugus-gugus fungsi kolagen ditentukan berdasarkan puncak serapan bilangan gelombang yang

terdeteksi dengan wilayah serapan untuk gugus fungsi protein.

**Analisa Data**

Analisa statistik dilakukan menggunakan software SPSS 15.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) dengan one-way analysis of variance. Perbedaan rata-rata antara perlakuan ditentukan dengan menggunakan Duncan multiple range test dengan tingkat signifikansi 95%. Data yang disajikan adalah rata-rata dari paling sedikit tiga kali ulangan setiap perlakuan.

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Proksimat cangkang bulu babi**

Cangkang merupakan *by-product* dari industri pengolahan gonad bulu babi. Gonad bulu babi telah banyak digunakan sebagai Tabel 1. Komposisi proksimat cangkang bulu babi

sumber pangan, di luar negeri memiliki nilai perdagangan yang baik karena telah menjadi makanan yang sangat populer, ditemukan dalam bentuk segar, asin, beku, produk kalengan berupa pasta fermentasi maupun produk kering (Roslita, 2000). Persentase rendemen cangkang dan jeroan jauh lebih besar dibanding gonad. Rendemen cangkang mencapai lebih dari 85% sedangkan gonad hanya 1,5-5% (Tupan & Silaban, 2017). Cangkang bulu babi telah dimanfaatkan sebagai hiasan, pewarna, pupuk organik (Toha, 2007), sedangkan pemanfaatannya sebagai bahan pangan belum banyak dilaporkan, walaupun bulu babi memiliki potensi sebagai antikanker, antitumor dan antimokroba (Aprilia et al., 2012). Analisa proksimat dibutuhkan untuk mengetahui komposisi kimia yang terdapat pada cangkang bulu babi. Hasil Analisa proksimat cangkang bulu babi disajikan pada Tabel 1.

Component (%)	Results of research	Referensi	
		Addina, S., 2016	R. Amarowicz et al., 2012
Moisture	5,56 ± 0,75	0,36 ± 0,22	2,52 ± 0,24
Ash	61,71 ± 2,25	93,10 ± 0,48	91,08 ± 0,15
Protein	1,24 ± 0,15	0,84 ± 0,37	4,06 ± 0,09
Fat	0,073 ± 0,001	0,46 ± 0,29	0,65 ± 0,01
Carbohydrate	31,41 ± 0,55	5,24 ± 1,08	

Kadar abu merupakan komponen kimia terbesar yang ditemukan pada cangkang bulu babi, hal tersebut menggambarkan kandungan mineral yang sangat tinggi. Hal ini diduga karena cangkang bulu babi disusun dari mineral seperti kalsium karbonat, magnesium dan mineral lainnya (Politi et al., 2004). Kandungan mineral cangkang bulu babi pada penelitian ini (61,71%) lebih kecil dibandingkan dengan hasil penelitian Addina (2016) (93,10%) dan Amarowicz et al. (2012) (91,08%). Hal tersebut diduga karena perbedaan waktu dan suhu pengeringan yang menyebabkan perbedaan kandungan air (Tabel 2). Penelitian yang dilakukan Amarowicz et al. (2012), cangkang bulu babi dikeringkan pada suhu 20 C selama 24 jam, pada penelitian Addina, S. (2016) cangkang bulu babi dikeringkan di bawah sinar matahari hingga benar-benar kering, sedangkan pada penelitian ini cangkang bulu babi dikeringkan dalam oven pada suhu 20 C selama 12 jam. Hubungan antara suhu pengeringan, kadar air dan kandungan mineral pada suatu bahan dijelaskan pada penelitian (Martunis, 2012), semakin tinggi suhu pengeringan maka

semakin rendah kadar air. Kadar air yang rendah menyebabkan kenaikan kandungan mineral pada pati kentang. Hal yang sama juga dijelaskan pada penelitian Lisa et al. (2015), kandungan mineral tertinggi pada tepung jarum tiram didapatkan pada kandungan air terendah, kadar air terendah dihasilkan dari proses pengeringan pada suhu tertinggi.

**Rendemen dan proksimat kolagen larut asam**

Asam klorida, asam asetat, asam sitrat, dan asam fosfat adalah jenis asam yang umum digunakan dalam ekstraksi kolagen. Asam asetat dan laktat merupakan pelarut terbaik dalam mengekstrak kolagen, asam asetat dan laktat menghasilkan rendemen tertinggi jika dibandingkan HCl dan asma sitrik pada ekstraksi kolagen dari kulit ikan *Baltic cod (Gadus morhua)* (Skierka & Sadowska, 2007). Rendemen dan komposisi kolagen larut asam asetat dan laktat pada konsentrasi 0,25-0,5 M dari cangkang bulu babi ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rendemen dan proksimat kolagen larut asan cangkang bulu babi

Component (%)	Acetic Acid		Lactic Acid	
	0,25 M	0,5 M	0,25 M	0,5 M
Yield (dry weight)	1,22 ± 0,43	1,20 ± 0,32	1,09 ± 0,15	1,12 ± 0,25
Moisture (w/w)	7,82 ± 0,55	8,25 ± 0,32	7,73 ± 0,48	8,11 ± 0,48
Protein (w/w)	88,90 ± 3,55	89,10 ± 2,34	87,58 ± 4,60	86,45 ± 5,82
Ash (w/w)	1,25 ± 0,12	1,02 ± 0,15	1,52 ± 0,21	1,34 ± 0,19
Fat (w/w)	0,11 ± 0,05	0,09 ± 0,01	0,12 ± 0,06	0,11 ± 0,03

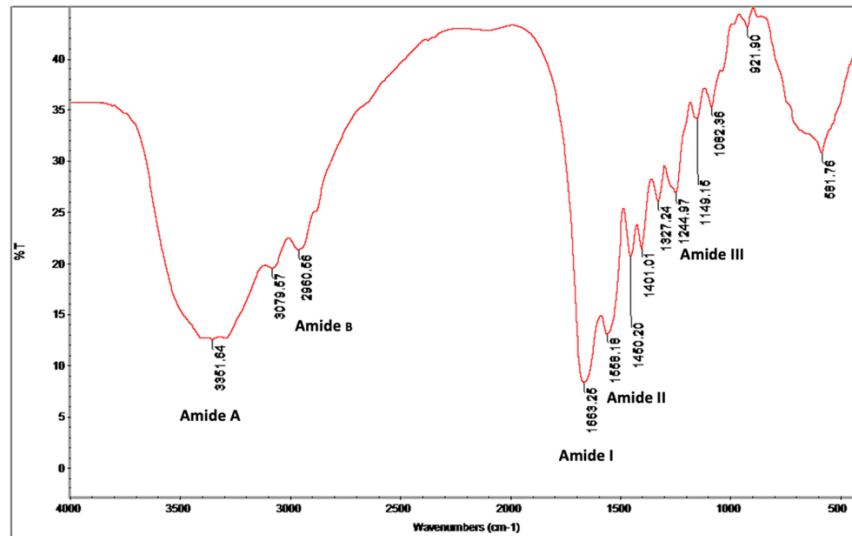
Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan jenis dan konsentrasi asam yang berbeda tidak menghasilkan perbedaan rendemen, kadar air, protein, abu dan lemak kolagen. Rendemen kolagen yang didapatkan dari kaki ayam pada ekstraksi menggunakan asam asetat dan laktat pada konsentrasi 0,1 dan 0,5 M tidak berbeda nyata (Lee et al., 2000). Konsentrasi 0,5 M asam asetat dan laktat menghasilkan rendemen kolagen larut asam sedikit lebih tinggi jika dibandingkan 0,25 M pada jenis asam yang sama. Semakin tinggi konsentrasi asam yang digunakan dalam ekstraksi kolagen semakin tinggi rendemen yang dihasilkan, rendemen kolagen yang didapatkan dari cangkang bulu babi pada konsentrasi 3% asam klorida 1,5 kali lebih tinggi dibandingkan pada konsentrasi 1% (Idiawati et al., 2022). Ekstraksi kolagen dari kulit ikan nila menggunakan asam asetat pada konsentrasi 0,9 M menghasilkan 1,3 kali lebih banyak rendemen dibandingkan pada konsentrasi yang lebih rendah (0,5 M) (Junianto et al., 2018).

Pada ekstraksi kolagen dari cangkang kerang darah dan hijau menggunakan pelarut asam asetat pada konsentrasi 0,25-0,75 M didapatkan bahwa rendemen tertinggi juga dihasilkan dari konsentrasi asam asetat tertinggi (Ariyanti et al., 2017). Rendemen kolagen larut asam cangkang bulu babi yang didapatkan pada konsentrasi 0,5 M asam asetat pada penelitian ini berkisar 1,20% berat kering. Pada penggunaan jenis asam dan konsentrasi yang sama, hasil tersebut lebih

besar dibandingkan rendemen pada cangkang kerang darah (1,02%) dan lebih kecil dibandingkan cangkang kerang hijau (1,57%) (Ariyanti et al., 2017). Perbedaan rendemen dapat disebabkan oleh perbedaan baku (Romadhon et al., 2019), konfigurasi dan komposisi kolagen (Pamungkas et al., 2018). Pada penelitian ini, tidak ditemukan perbedaan nyata pada rendemen kolagen yang dihasilkan dari penggunaan asam asetat dan laktat. Hal tersebut sejalan dengan hasil penelitian (Jaziri et al., 2022) yang melaporkan bahwa tidak ada perbedaan rendemen kolagen dari tulang izardfish (*Saurida tumbil* Bloch, 1795) yang dihasilkan diantara penggunaan asam asetat dan laktat.

#### Identifikasi gugus fungsi kolagen menggunakan FTIR

Karakter kolagen larut asam dari kulit ikan layaran (*Istiophorus platypterus*) (Riaz et al., 2018), ikan kakatua (*Scarus* sp) (Mberato et al., 2020) dilakukan dengan pengukuran (*Fourier transform infrared*) FTIR. Pengukuran FTIR bertujuan untuk memastikan bahwa senyawa yang didapatkan adalah kolagen berdasarkan gugus fungsinya. Prinsip dari spektroskopi FTIR yaitu dengan pengukuran panjang gelombang dan intensitas penyerapan radiasi inframerah oleh sampel (Mberato et al., 2020).



Gambar 1. Spektra FTIR kolagen cangkang bulu babi

Spektra kolagen larut asam dan pepsin dari kulit ikan layaran (*Istiophorus platypterus*) menunjukkan bahwa Amida A (*associated with N–H stretching*) masing-masing pada bilangan 3423 and 3337  $\text{cm}^{-1}$  (Riaz et al., 2018) dan ikan kakatua (*Scarus* sp) pada bilangan 3429  $\text{cm}^{-1}$  (Mberato et al., 2020). Gugus fungsi amida B menyerap elektromagnetik pada daerah inframerah

2930  $\text{cm}^{-1}$  (Mberato et al., 2020) dan 2928  $\text{cm}^{-1}$  (Riaz et al., 2018). Sementara gugus fungsi amida I, II dan III menyerap elektromagnetik pada daerah inframerah masing-masing 1657  $\text{cm}^{-1}$ , 1452  $\text{cm}^{-1}$  dan 1242  $\text{cm}^{-1}$  (Mberato et al., 2020). Hasil analisis gugus fungsi kolagen larut asam cangkang bulu babi dapat dilihat pada Tabel 3.

Table 3. Assignments of the FTIR spectra for acid-soluble collagen from sea urchin shell

Gugus Fungsi	Kolagen Larut Asam ( $\text{cm}^{-1}$ )	Kolagen Standar* ( $\text{cm}^{-1}$ )	Keterangan*
Amida A	3351.64	3360-3310	NH Stretching
Amida B	2960.00.00	2935-2915	Asimetrical Stretch of $\text{CH}_2$
Amida I	1663.25.00	1690-1600	C=O Stretching
Amida II	1558.16.00	1575-1480	CN Stretching, NH Bending
Amida III	1244.97	1309-1229	NH Bending

\*(Mberato et al., 2020)

Pada Table 3, gugus fungsi amida A ditunjukkan pada gugus NH-Stretching yang terdeteksi pada bilangan serapan  $3351.64\text{ cm}^{-1}$ . Amida A merupakan indeks terdapatnya ikatan hidrogen pada gugus amida (Riaz et al., 2018). Amida B terdeteksi pada bilangan serapan kolagen gelombang  $2960\text{ cm}^{-1}$ . Amida B menunjukkan adanya vibrasi regangan simetris dari gugus  $\text{CH}_2$  pada kolagen (Mberato et al., 2020). Amida I pada kolagen kolagen larut asam terbentuk pada bilangan gelombang  $1663\text{ cm}^{-1}$ , hal tersebut menunjukkan adanya vibrasi regangan  $\text{C}=\text{O}$  dimana amida ini berperan sebagai indikator adanya serina dari protein kolagen (Mberato et al., 2020 dan Riaz et al., 2018). Amida II dan III terbaca pada bilangan gelombang masing-masing pada  $1558.16$  dan  $1244.97\text{ cm}^{-1}$ , hal tersebut menggambarkan adanya CN stretching dan NH bending pada kolagen larut asam dari cangkang bulu babi (Mberato et al., 2020).

#### 4. KESIMPULAN

Asam asetat merupakan pelarut terbaik dalam ekstraksi kolagen. Rendemen kolagen dari cangkang bulu babi dihasilkan dari asam asetat 0,5 M. Gugus fungsional kolagen larut asam cangkang bulu babi memenuhi standar gugus fungsional kolagen standar. Sehingga cangkang bulu babi bisa menjadi alternatif bahan baku untuk kolagen.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh Politeknik Pertanian Negeri Pangkajene Kepulauan melalui dana PNBPN tahun anggaran 2023, nomor kontrak : 042/PL.22.7.1/SP- PG/2023. Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada (1) Ramli (Politeknik Pertanian Negeri Pangkajene Kepulauan dan (2) Awaluddin Permana (Laboratorium Kimia, Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar) atas bantuannya pada penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Addina, S. (2016). *Karakteristik Nanokalsium Cangkang Bulu Babi (Diadema setosum) dan Efektivitas Penyerapannya Secara in Vivo*. IPB.
- Amarowicz, R., Synowiecki, J., & Shahidi, F. (2012). Chemical composition of shells from red (*Strongylocentrotus franciscanus*) and green (*Strongylocentrotus droebachiensis*) sea urchin. *Food Chemistry*, 133(3), 822–826. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.01.099>
- Aprilia, H. A., Pringgenies, D., & Yudiati, E. (2012). Uji Toksisitas Ekstrak Kloroform Cangkang dan Duri Landak Laut (*Diadema setosum*) Terhadap Mortalitas Nauplius *Artemia* sp. *Journal of Marine Research*, 1(1), 75–83. <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jmr>
- Ariyanti, A., Dewi, M., Hapsari, A. P., Mashadi, S., Farmasi, P. S., Farmasi, P. S., Farmasi, P. S., & Farmasi, P. S. (2017). *Comparison Collagen Content of The Shell of A Clam Blood (Anadara Granosa) Andshell of Clam Greens (Mytilus Viridis) In Bandengan, Kendal, Central Java*. 1(1), 1–6.
- Arsyad, M. A., Akazawa, T., Nozaki, C., Yoshida, M., Oyana, K., Mukai, T., & Ogawa, M. (2018). Effects of olive leaf powder supplemented to fish feed on muscle protein of red sea bream. *Fish Physiology and Biochemistry*, 44(5), 1299–1308. <https://doi.org/10.1007/s10695-018-0521-1>
- Association of official analytical chemists., Latimer, G. W., & Horwitz, William. (2006). *Official methods of analysis of AOAC international*. AOAC International.
- Bae, I., Osatomi, K., Yoshida, A., Osako, K., Yamaguchi, A., & Hara, K. (2008). Biochemical properties of acid-soluble collagens extracted from the skins of underutilised fishes. *Food Chemistry*, 108(1), 49–54. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.10.039>
- Chuaychan, S., Benjakul, S., & Kishimura, H. (2015). Characteristics of acid- and pepsin-soluble collagens from scale of seabass (*Lates calcarifer*). *LWT*, 63(1), 71–76. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.03.002>
- Heriansah, H., Nursyahrhan, N., Nursidi, N., Nursida, N. F., & Najamuddin, N. (2021). Practical application of sea urchin shell flour supplementation as a stimulant moulting in vannamei shrimp. *Depik*, 10(2), 107–114. <https://doi.org/10.13170/depik.10.2.19456>
- Huang, Y. R., Shiau, C. Y., Chen, H. H., & Huang, B. C. (2011). Isolation and characterization of acid and pepsin-solubilized collagens from the skin of balloon fish (*Diodon holocanthus*). *Food Hydrocolloids*, 25(6), 1507–1513. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2011.02.011>
- Jaziri, A. A., Shapawi, R., Mokhtar, R. A. M., Noordin, W. N. M., & Huda, N. (2022). Biochemical analysis of collagens from the bone of lizardfish (*Saurida tumbil* Bloch, 1795) extracted with different acids. *PeerJ*. <https://doi.org/10.7717/peerj.13103>
- Junianto, Iskandar, Rizal, A., & Damayanti, W. (2018). The Influence of Concentration of Acetic Acid and Pepsin Enzyme in Nilem Fish Skin Collagen Extraction to the Amount of Rendement Produced. *World News of Natural*

- Sciences, 21, 164–170. [www.worldnewsnaturalsciences.com](http://www.worldnewsnaturalsciences.com)
- Lee, M.-A., Chang, Y.-E., Kim, T.-H., Choi, J.-H., Kim, H.-Y., Kim, C.-J., & Chung, H.-K. (2000). *The effect of different acids on the extraction of gelatin from chicken feet*.
- Lisa, M., Lutfi, M., & Susilo, B. (2015). Pengaruh Suhu dan Lama Pengeringan terhadap Mutu Tepung Jamur Tiram Putih (*Pleurotus ostreatus*). *Jurnal Keteknik Pertanian Tropis Dan Biosistem*, 3(3), 270–279.
- Martunis. (2012). Pengaruh Suhu dan Lama Pengeringan Terhadap Kuantitas dan Kualitas Pati Kentang Varietas Granola. *Jurnal Teknologi Dan Industri Pertanian Indonesia*, 4.
- Mberato, S. P., Rumengan, I. F. M., Warouw, V., Wulur, S., Rumampuk, N. D. T., Undap, S. L., Suptijah, P., & Luntungan, A. H. (2020). Penentuan Struktur Molekul Kolagen Sisik Ikan Kakatua (*Scarus sp*) Berdasarkan Serapan Molekul Terhadap Gelombang FTIR (Fourier-Transform Infrared Spectroscopy Analysis). In *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis* (Vol. 8).
- Nurilmala, M., Suryamarevita, H., Husein Hizbullah, H., Jacoeb, A. M., & Ochiai, Y. (2022). Fish skin as a biomaterial for halal collagen and gelatin. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 29(2), 1100–1110. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.09.056>
- Pamungkas, B. F., Supriyadi, Murdiati, A., & Indrati, R. (2018). Ekstraksi dan Karakterisasi Kolagen Larut Asam dan Pepsin dari Sisik Haruan (*Channa striatus*) Kering. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 21(3), 513–521.
- Politi, Y., Arad, T., Klein, E., Weiner, S., & Addadi, L. (2004). Sea Urchin Spine Calcite Forms via a Transient Amorphous Calcium Carbonate Phase. *Science*, 306(5699), 1158–1161. <https://doi.org/10.1126/science.1104386>
- Riaz, T., Zeeshan, R., Zarif, F., Ilyas, K., Muhammad, N., Safi, S. Z., Rahim, A., Rizvi, S. A. A., & Rehman, I. U. (2018). FTIR analysis of natural and synthetic collagen. In *Applied Spectroscopy Reviews* (Vol. 53, Issue 9, pp. 703–746). Taylor and Francis Inc. <https://doi.org/10.1080/05704928.2018.1426595>
- Romadhon, Darmanto, Y. S., & Kurniasih, R. A. (2019). Karakteristik Kolagen dari Tulang, Kulit, dan Sisik Ikan Nila. *JPHPI*, 22(2).
- Roslita, L. (2000). *Pengaruh Garam, Gula dan Lama Fermentasi terhadap Mutu Pasta Fermentasi Gonad Bulu Babi Echinothrix calamaris*. Institut Pertanian Bogor.
- Skierka, E., & Sadowska, M. (2007). The influence of different acids and pepsin on the extractability of collagen from the skin of Baltic cod (*Gadus morhua*). *Food Chemistry*, 105(3), 1302–1306. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.04.030>
- Toha, A. H. (2007). Keragaman Genetik Bulu Babi (Echinoidea). *Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati*, 12(2), 130–135.
- Tupan, J., & Silaban, B. B. (2017a). Karakteristik Fisik-Kimia Bulu Babi Diadema setosum dari Beberapa Perairan Pulau Ambon. *Jurnal TRITON*, 13(2), 71–78.
- Tupan, J., & Silaban, B. B. (2017b). *Karakteristik Fisik-Kimia Bulu Babi Diadema Setosum dari Beberapa Perairan Pulau Ambon*. 13(2), 71–78.
- Wang, J., Pei, X., Liu, H., & Zhou, D. (2018). Extraction and characterization of acid-soluble and pepsin-soluble collagen from skin of loach (*Misgurnus anguillicaudatus*). *International Journal of Biological Macromolecules*, 106, 544–550. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.08.046>

