

**PENGARUH SUHU ULTRASONIKASI TERHADAP
VISKOSITAS GELATIN DARI KULIT AYAM**

**The Effect of Ultrasonication Temperature on the Viscosity of
Gelatin from Chicken Skin**

Adella Rizki Amalia¹ & Miftahul Khair

Universitas Negeri Padang

adellaamalia2011@gmail.com; miftah@fmipa.unp.ac.id

Article Info:

Submitted:	Revised:	Accepted:	Published:
Jun 8, 2026	Jul 6, 2026	Jul 18, 2026	Jul 23, 2026

Abstract

Gelatin is a protein produced through the partial hydrolysis of collagen and is widely used in the food, pharmaceutical, and cosmetic industries because of its functional properties as a gelling, thickening, and stabilizing agent. Chicken skin has the potential to be developed as an economically valuable alternative source of halal gelatin, but information regarding the effect of ultrasonication temperature on the viscosity of chicken skin gelatin remains limited. This study aimed to evaluate the effect of ultrasonication temperature on the viscosity of gelatin extracted from chicken skin using the Ultrasound-Assisted Extraction (UAE) method. Chicken skin was pretreated using a 2% acetic acid solution and then extracted through ultrasonication at temperatures of 35°C, 45°C, and 55°C for 90 minutes with a material-to-solvent ratio of 1:10 (w/v). The viscosity of the extracted gelatin was measured using an Ostwald viscometer. The results showed that ultrasonication temperature affected the viscosity of chicken skin gelatin. The highest viscosity was obtained at 45°C, namely 3.28 cP, whereas treatments at 35°C and 55°C produced viscosities of 2.36 cP and 1.72 cP, respectively. The increase in viscosity at 45°C indicated that this condition optimized the extraction process without causing excessive degradation of the protein

chains. In contrast, ultrasonication at 55°C was presumed to reduce the molecular weight of the gelatin, thereby decreasing its viscosity. This study concluded that an ultrasonication temperature of 45°C was the most suitable condition for producing chicken skin gelatin with better viscosity characteristics. These findings provide a basis for developing a more efficient process for extracting halal gelatin from chicken skin.

Keywords: Ultrasound-Assisted Extraction; Gelatin; Chicken Skin; Ultrasonication Temperature; Viscosity

Abstrak: Gelatin merupakan protein hasil hidrolisis parsial kolagen yang banyak dimanfaatkan dalam industri pangan, farmasi, dan kosmetik karena memiliki sifat fungsional sebagai pembentuk gel, pengental, dan penstabil. Kulit ayam berpotensi dikembangkan sebagai sumber gelatin halal alternatif yang bernilai ekonomi, tetapi informasi mengenai pengaruh suhu ultrasonikasi terhadap viskositas gelatin kulit ayam masih terbatas. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi pengaruh suhu ultrasonikasi terhadap viskositas gelatin yang diekstraksi dari kulit ayam menggunakan metode *Ultrasound-Assisted Extraction* (UAE). Kulit ayam dipraperlakukan menggunakan larutan asam asetat 2%, kemudian diekstraksi melalui ultrasonikasi pada suhu 35°C, 45°C, dan 55°C selama 90 menit dengan rasio bahan dan pelarut 1:10 (b/v). Viskositas gelatin hasil ekstraksi diukur menggunakan viskometer Ostwald. Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu ultrasonikasi memengaruhi viskositas gelatin kulit ayam. Viskositas tertinggi diperoleh pada suhu 45°C, yaitu 3,28 cP, sedangkan perlakuan pada suhu 35°C dan 55°C masing-masing menghasilkan viskositas sebesar 2,36 cP dan 1,72 cP. Peningkatan viskositas pada suhu 45°C menunjukkan bahwa kondisi tersebut mampu mengoptimalkan ekstraksi tanpa menyebabkan degradasi rantai protein secara berlebihan. Sebaliknya, ultrasonikasi pada suhu 55°C diduga menurunkan berat molekul gelatin sehingga menyebabkan penurunan viskositas. Penelitian ini menyimpulkan bahwa suhu ultrasonikasi 45°C merupakan kondisi paling sesuai untuk menghasilkan gelatin kulit ayam dengan karakteristik viskositas yang lebih baik. Temuan ini memberikan dasar bagi pengembangan proses ekstraksi gelatin halal dari kulit ayam secara lebih efisien.

Kata Kunci: Ekstraksi Berbantuan Ultrasonik; Gelatin; Kulit Ayam; Suhu Ultrasonikasi; Viskositas

PENDAHULUAN

Gelatin adalah biopolimer yang dibuat dari hidrolisis kolagen (Noor et al., 2021). Banyak digunakan dalam industri pangan, farmasi, kosmetik, dan fotografi karena kemampuan untuk membuat gel, film, viskositas, dan sifat emulsifikasinya (Said & Sarbon, 2022). Industri gelatin menghasilkan produknya dari bahan baku hewani seperti tulang, kulit sapi, atau babi (Nurilmala et al., 2023). Ketergantungan ini menyebabkan masalah seperti keberlanjutan, ketersediaan bahan baku, dan kehalalan produk. Ini terjadi terutama di negara-negara yang mayoritas penduduknya adalah Muslim (Pertiwi et al., 2025).

Peningkatan konsumsi dan produksi daging ayam di berbagai negara, menyebabkan limbah hasil pemotongan unggas seperti kulit, kaki, kepala, tulang, dan jeroan telah

meningkat (Robles-jimenez et al., 2023). Karena tingginya kandungan bahan organik yang mudah terurai, limbah tersebut dapat menimbulkan masalah bagi lingkungan jika tidak digunakan dengan benar (Talha et al., 2024). Oleh karena itu, salah satu cara untuk mendukung ekonomi sirkular dan pengelolaan limbah berkelanjutan adalah dengan menggunakan hasil samping unggas sebagai bahan baku untuk produk bernilai tambah.

Kulit ayam adalah salah satu sumber kolagen yang mungkin digunakan sebagai bahan baku gelatin. Selain meningkatkan nilai ekonomi limbah pemotongan unggas, kulit ayam juga dapat digunakan sebagai sumber gelatin alternatif selain kulit babi dan sapi, yang memiliki keterbatasan terkait agama, budaya, dan keamanan pangan (Robles-jimenez et al., 2023). Gelatin yang dihasilkan dari hasil samping unggas juga dilaporkan memiliki karakteristik fisikokimia dan fungsional yang baik, sehingga dapat digunakan dalam industri pangan, farmasi, kosmetik, dan biomaterial (Salim et al., 2024).

Limbah kulit ayam (*Gallus gallus domesticus*) dan unggas dapat menghasilkan produk sampingan sebanyak 37% dari berat ayam setelah disembelih (Seidavi & Scanes, 2019). Bulu, kulit, tulang, jeroan, kaki, dan kepala adalah produk sampingan yang diperoleh, yang mencakup 26,4% dari berat ayam setelah disembelih (Koneti et al., 2024). Kulit ayam mengandung banyak kolagen (terutama kolagen tipe I) dan mudah dihidrolisis menjadi gelatin, sehingga kulit ayam menjadi alternatif yang bagus untuk produksi gelatin yang halal dan berkelanjutan (Harini et al., 2023).

Ekstraksi gelatin secara konvensional biasanya dilakukan melalui perendaman asam atau basa, yang diikuti dengan ekstraksi melalui pemanasan selama waktu yang relatif lama, metode ini telah banyak digunakan dalam skala industri (Noor et al., 2021). Namun, metode ini memiliki beberapa kekurangan, termasuk waktu ekstraksi yang lama, penggunaan energi yang tinggi, dan kemungkinan paparan suhu tinggi dalam waktu yang lama pada protein dapat menyebabkan degradasi (Shen et al., 2023).

Kemajuan dalam teknologi proses, sonikasi atau ekstraksi yang dibantu *Ultrasound-assisted extraction* (UAE) telah menjadi metode ekstraksi yang lebih efektif dan ramah lingkungan (Maulina et al., 2024). Memanfaatkan *ultrasound* untuk ekstraksi gelatin dari limbah unggas meningkatkan rendemen dan sifat fungsional gelatin, serta mengurangi waktu dan energi yang diperlukan untuk ekstraksi. Studi oleh (Bhargavi et al., 2025) menunjukkan bahwa ekstraksi gelatin dari limbah unggas dengan bantuan *ultrasound* menghasilkan

rendemen dan struktur gel yang lebih baik dibandingkan dengan metode tradisional yang bergantung pada pemanasan.

Salah satu faktor penting dalam proses ekstraksi gelatin adalah suhu ultrasonikasi (Bhargavi et al., 2025). Proses denaturasi kolagen menjadi gelatin dapat dipercepat dengan meningkatkan suhu, tetapi suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan kerusakan rantai protein, yang pada gilirannya mengurangi kualitas gelatin (Kaewbangkerd et al., 2023). Sifat fisik gelatin, termasuk viskositas, akan dipengaruhi oleh perubahan struktur protein yang disebabkan oleh suhu ekstraksi (Abuibaid et al., 2020). Viskositas gelatin berkorelasi dengan panjang rantai molekul dan kemampuan gelatin untuk membentuk gel, gelatin dengan viskositas tinggi biasanya lebih baik untuk digunakan dalam industri pangan dan farmasi. Studi tentang perubahan suhu ekstraksi menunjukkan bahwa suhu memengaruhi sifat fisikokimia gelatin, seperti rendemen, kekuatan gel, dan viskositas (Gerungan et al., 2019).

Beberapa penelitian mengenai ekstraksi gelatin berbantu ultrasonik telah dilakukan pada kulit ikan, kaki ayam, maupun campuran limbah unggas (Bhargavi et al., 2025). Namun, penelitian yang secara khusus mengkaji pengaruh suhu ultrasonikasi terhadap viskositas gelatin dari kulit ayam masih terbatas. Padahal, parameter viskositas sangat penting dalam menentukan mutu dan potensi aplikasi gelatin. Oleh karena itu, penelitian mengenai pengaruh suhu ultrasonikasi terhadap viskositas gelatin dari kulit ayam perlu dilakukan untuk memperoleh kondisi proses yang mampu menghasilkan gelatin dengan karakteristik optimal. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar pengembangan teknologi produksi gelatin halal berbasis limbah unggas yang lebih efisien dan bernilai tambah tinggi.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode ekstraksi ultrasound-assisted (UAE) untuk mengekstraksi gelatin dari kulit ayam. Studi ini membandingkan tiga suhu ultrasonikasi (35°C, 45°C, dan 55°C). Variabel ekstraksi lainnya ditetapkan agar pengaruh suhu terhadap viskositas dapat diamati secara objektif.

Preparasi Sampel

Kulit ayam dibersihkan dari kotoran, sisa daging, dan lemaknya, lalu dipotong menjadi potongan kecil-kecil dan dikeringkan. Kulit ayam direndam dalam 200 mL larutan NaOH 0,15%. Proses ini bertujuan untuk mengekstraksi protein non-kolagen dari kulit ayam.

Proses hidrolisis dilakukan dengan merendam kulit ayam dalam larutan asam asetat 2% untuk menghasilkan gelatin tipe A. Kulit ayam dinetralkan kembali dengan air.

Proses Ekstraksi

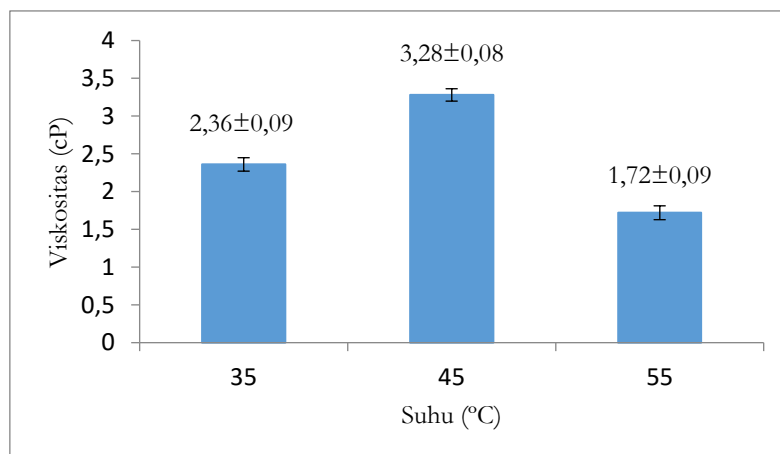
Sampel diekstraksi menggunakan air dengan perbandingan 1:10 (b/v) dalam sonikasi atau *Ultrasound Assisted Extraction (UAE)* pada suhu 35°C, 45°C, dan 55°C selama 90 menit. Filtrat yang dihalikan dari proses ekstraksi dikeringkan hingga diperoleh serbuk gelatin.

Penentuan Viskositas

Gelatin yang diperoleh diencerkan menjadi konsentrasi 6,67% (b/v). Gelatin yang terlarut kemudian dipanaskan pada suhu antara 61°C-62°C, kemudian dibiarkan dingin. Alat viskometer Ostwald digunakan untuk mengukur viskositas larutan (GMIA, 2019).

HASIL

Hasil pengujian viskositas gelatin kulit ayam menunjukkan bahwa variasi suhu ultrasonikasi memengaruhi nilai gelatin yang dihasilkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa gelatin yang diekstraksi pada suhu 45°C (3,28cP) memiliki viskositas tertinggi daripada perlakuan pada 35°C (2,36cP) dan 55°C (1,72cP). Perbandingan nilai viskositas dari ketiga suhu disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Rata-rata viskositas gelatin kulit ayam hasil ekstraksi menggunakan ultrasonikasi pada suhu berbeda (Rata-rata±SD)

Tabel 1 Pengaruh suhu terhadap viskositas gelatin

Suhu (°C)	Viskositas (cP)
35	2,36±0,09
45	3,28±0,08
55	1,72±0,09

Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu ultrasonikasi mempengaruhi viskositas gelatin yang dihasilkan dari kulit ayam. Dibandingkan dengan suhu 35°C dan 55°C, perlakuan pada suhu 45°C menghasilkan viskositas tertinggi yaitu 3,28 cP. Hasil ini menunjukkan bahwa suhu 45°C adalah suhu yang paling cocok untuk menghasilkan gelatin dengan karakteristik reologi yang baik.

PEMBAHASAN

Viskositas adalah daya aliran molekul dalam suatu larutan, atau tingkat kekentalan gelatin dalam larutan (Fernianti et al., 2020). Panjang rantai polipeptida, distribusi berat molekul, dan tingkat degradasi protein selama ekstraksi memengaruhi viskositas gelatin (Mohammadnezhad & Farmani, 2022). Dimensi bobot molekul sebanding dengan panjang rantai asam amino yang membentuk gelatin, sehingga semakin panjang rantai polipeptida yang dipertahankan, semakin viskositas produk (Najah et al., 2025).

Pada suhu 35°C, viskositas ayam lebih rendah, dikarenakan energi panas yang tidak mencukupi untuk memaksimalkan pelepasan kolagen dari matriks kulit. Dalam situasi seperti ini, kemungkinan ikatan silang proses pelepasan kolagen masih bertahan, yang menghambat proses konversi kolagen menjadi gelatin dan menghasilkan viskositas yang lebih rendah (Naomi et al., 2021). Suhu ultrasonikasi yang lebih rendah tidak dapat menghasilkan energi panas dan kavitasi yang cukup untuk mengoptimalkan pelepasan kolagen dari matriks kulit ayam (Pezeshk et al., 2022). Efektivitas ultrasonikasi berkaitan dengan kemampuan untuk melemahkan ikatan silang kolagen dan meningkatkan disrupsi jaringan ikat, proses dianggap tidak berlangsung secara optimal pada suhu yang lebih rendah, yang berarti pelepasan kolagen masih terbatas (Du et al., 2021). Fakta ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Puspawati et al., 2017), yang menemukan bahwa suhu ekstraksi gelatin kulit ayam meningkatkan karakteristik fisikokimia gelatin, karena proses konversi kolagen berjalan lebih cepat pada suhu yang lebih tinggi.

Efek kavitasi ultrasonik dan energi panas yang diberikan selama ekstraksi yang seimbang, menghasilkan peningkatan viskositas pada suhu 45°C (Zhao et al., 2025). Gelombang ultrasonik membuat gelembung kavitasi, yang memiliki kemampuan untuk merusak jaringan ikat dan meningkatkan transfer massa, sehingga proses pelepasan kolagen menjadi lebih efisien (Zou et al., 2020). Proses ini dapat menghasilkan molekul gelatin dengan rantai polipeptida yang cukup panjang dan stabil baik pada suhu yang tidak terlalu rendah

maupun terlalu tinggi. Seperti yang ditunjukkan oleh penelitian yang dilakukan oleh Bhargavi et al. (2025), pretreatment ultrasonik memiliki kemampuan untuk meningkatkan sifat reologi, termasuk viskositas gelatin, melalui reorganisasi struktur protein dan peningkatan pelepasan komponen kolagen selama ekstraksi (Bhargavi et al., 2025). Kedua penelitian menunjukkan bahwa kondisi ultrasonikasi yang tepat dapat menghasilkan gelatin dengan karakteristik fungsional yang lebih baik, meskipun penelitian tersebut tidak membandingkan variasi suhu ultrasonikasi secara khusus.

Sebaliknya, kombinasi panas dan efek mekanik ultrasonik yang lebih intens diduga menyebabkan sebagian rantai protein rusak sehingga menurunkan viskositas pada 55°C. Pada suhu 55°C, penurunan viskositas dikaitkan dengan intensitas hidrolisis yang meningkat selama proses ekstraksi, yang menyebabkan berkurangnya viskositas karena rantai asam amino terputus dengan konsentrasi gelatin yang meningkat (Febriana et al., 2021). Rantai polipeptida dapat dipecah menjadi bagian dengan berat molekul yang lebih rendah jika suhunya lebih tinggi (E. et al., 2017). Molekul dengan ukuran lebih pendek tidak dapat meningkatkan kekentalan larutan, sehingga nilai viskositas menurun. Penelitian gelatin telah banyak meneliti hubungan antara penurunan berat molekul dan viskositas gelatin, dan perlakuan panas yang berlebihan dapat mengurangi kualitas reologi karena degradasi protein (Mohammadnezhad & Farmani, 2022).

Studi Kaewbangkerd et al. menunjukkan bahwa perlakuan ultrasonik sebelum ekstraksi dapat meningkatkan kualitas gelatin, tetapi intensitas perlakuan yang terlalu tinggi dapat menyebabkan kerusakan struktur molekul protein (Kaewbangkerd et al., 2023). Dengan kata lain, ada kondisi ideal di mana ultrasonikasi meningkatkan pelepasan kolagen, tetapi setelah melewati titik ideal dapat menyebabkan depolimerisasi protein yang berdampak pada penurunan viskositas (Ahmad et al., 2018).

Jumlah viskositas gelatin berkorelasi erat dengan distribusi berat molekul dan panjang rantai polipeptida. Gelatin dengan fraksi alfa dan beta dengan berat molekul lebih tinggi cenderung memiliki viskositas dan kekuatan gel yang lebih baik (Mohammadnezhad & Farmani, 2022). Gelembung mikro terbentuk dan kemudian kolaps sebagai hasil dari fenomena kavitasi yang dihasilkan oleh gelombang ultrasonik. Gaya geser lokal, juga dikenal sebagai gaya geser, memiliki kemampuan untuk merusak struktur jaringan, sehingga perpindahan massa meningkat dan pelepasan kolagen menjadi lebih efektif (Panda & Manickam, 2019).

Nilai viskositas gelatin yang dihasilkan dalam penelitian ini masih berada di antara standar mutu gelatin komersial yaitu berada pada rentang sekitar 1,5-7,5 cP yang banyak digunakan dalam industri pangan dan farmasi tergantung pada jenis gelatin dan kualitasnya, menurut standar Gelatin Manufacturers Institute of America (GMIA) (GMIA, 2019). Gelatin memiliki panjang rantai molekul yang kuat dan berpotensi menghasilkan sifat gel yang lebih kuat, yang menunjukkan viskositas yang tinggi sehingga cocok untuk digunakan dalam makanan dan industri farmasi (Said & Sarbon, 2022). Oleh karena itu, gelatin kulit ayam yang diekstraksi melalui ultrasonik pada suhu 45°C dapat digunakan sebagai alternatif untuk gelatin halal dengan karakteristik fisik yang memenuhi standar mutu gelatin.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa suhu ideal berada pada 45°C, meskipun hasil penelitian lain menunjukkan suhu ideal yang berbeda. Jenis jaringan yang digunakan, bahan baku yang berbeda, konsentrasi larutan pra-perlakuan, lama ultrasonikasi, frekuensi dan daya ultrasonik, dan rasio bahan terhadap pelarut semuanya dapat berkontribusi pada perbedaan ini (Shen et al., 2023) (Harini et al., 2023). Diketahui bahwa faktor-faktor ini memengaruhi intensitas kavitasi, laju denaturasi kolagen, dan tingkat degradasi rantai polipeptida, sehingga dapat menghasilkan kondisi yang berbeda-beda untuk setiap penelitian (Pezeshk et al., 2022). Oleh karena itu, suhu ideal yang ditemukan dalam penelitian ini tidak dapat diterapkan untuk proses ekstraksi gelatin secara keseluruhan karena bergantung pada kondisi ekstraksi yang digunakan.

Viskositas gelatin adalah sifat yang dipengaruhi oleh banyak faktor selama proses ekstraksi dan tidak hanya ditentukan oleh suhu (Bhargavi et al., 2025). Tingkat denaturasi kolagen, distribusi berat molekul, dan struktur rantai polipeptida gelatin yang terbentuk dapat dipengaruhi oleh variabel seperti konsentrasi asam pada tahap pretreatment, lama ultrasonikasi, daya ultrasonik, rasio bahan terhadap pelarut, dan kondisi ekstraksi (Ahmad et al., 2018). Oleh karena itu, penelitian ini masih terbatas untuk menjelaskan bagaimana komponen-komponen tersebut mempengaruhi karakteristik gelatin yang dihasilkan.

Untuk mendapatkan pemahaman yang lebih baik tentang hubungan antarvariabel, penelitian selanjutnya harus menyelidiki pengaruh berbagai komponen proses secara bersamaan. Penelitian lanjutan harus mempertimbangkan faktor-faktor kualitas lainnya selain evaluasi viskositas. Ini termasuk rendemen, kekuatan gel (gel strength), kadar air, kadar abu, kadar protein, kapasitas pengikatan air, dan sifat struktur dan termal gelatin. Karena kondisi proses yang menghasilkan viskositas tertinggi belum tentu menghasilkan mutu gelatin terbaik

secara keseluruhan, penting untuk mengkaji berbagai parameter tersebut. Oleh karena itu, penelitian diperlukan untuk menemukan kondisi ekstraksi yang dapat mengimbangi sifat fisik, kimia, dan fungsional gelatin secara optimal. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk meningkatkan kemungkinan penggunaan gelatin kulit ayam sebagai bahan baku industri.

KESIMPULAN

Variasi suhu ultrasonikasi memberikan pengaruh terhadap viskositas gelatin kulit ayam yang dihasilkan. Gelatin yang diekstraksi pada suhu 45°C menunjukkan nilai viskositas tertinggi sebesar 3,28 cP, sedangkan pada suhu 35°C dan 55°C diperoleh viskositas masing-masing sebesar 2,36 cP dan 1,72 cP. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa suhu 45°C mampu menghasilkan kondisi ekstraksi yang lebih optimum sehingga menghasilkan gelatin dengan karakteristik reologi yang lebih baik. Dengan demikian, suhu ultrasonikasi 45°C berpotensi diterapkan dalam proses produksi gelatin kulit ayam untuk memperoleh mutu gelatin yang lebih tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abuibaid, A., AlSenaani, A., Hamed, F., Kittiphattanabawon, P., & Maqsood, S. (2020). Microstructural, rheological, gel-forming and interfacial properties of camel skin gelatin. *Food Structure*, 26, 100156. <https://doi.org/10.1016/j.foostr.2020.100156>
- Ahmad, T., Ismail, A., Ahmad, S. A., Khalil, K. A., Leo, T. K., Awad, E. A., Imlan, J. C., & Sazili, A. Q. (2018). Effects of ultrasound assisted extraction in conjugation with aid of actinidin on the molecular and physicochemical properties of bovine hide gelatin. *Molecules*, 23(4), 730. <https://doi.org/10.3390/molecules23040730>
- Aykin-Dinçer, E., Koç, A., & Erbaş, M. (2017). Extraction and physicochemical characterization of broiler (*Gallus gallus domesticus*) skin gelatin compared to commercial bovine gelatin. *Poultry Science*, 96(11), 4124–4131. <https://doi.org/10.3382/ps/pex237>
- Bhargavi, P. K., Banerjee, R., Raziuddin, M., Maheswarappa, N. B., Verma, A. K., Govindaiah, P. M., & Lalthanmawii, J. (2025). Sustainable gelatin extraction from poultry skin-head-feet blend: An ultrasound-assisted approach. *Poultry Science*, 104(4), 104975. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2025.104975>
- Du, X., Li, H., Nuerjiang, M., Shi, S., Kong, B., Liu, Q., & Xia, X. (2021). Application of ultrasound treatment in chicken gizzards tenderization: Effects on muscle fiber and connective tissue. *Ultrasonics Sonochemistry*, 79, 105786. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2021.105786>
- Febriana, L. G., Stannia, N. A. S. P. H., Fitriani, A. N., & Putriana, N. A. (2021). Potensi Gelatin dari Tulang Ikan sebagai Alternatif Cangkang Kapsul Berbahan Halal:

- Karakteristik dan Pra Formulasi. *Majalah Farmasetika*, 6(3), 223–233. <https://doi.org/10.24198/mfarmasetika.v6i3.33183>
- Fernianti, D., Juniar, H., & Adinda, N. D. (2020). Pengaruh Massa Ossein dan Waktu Ekstraksi Gelatin dari Tulang Ikan Tenggiri dengan Perendaman Asam Sitrat Belimbing Wuluh. *Jurnal Distilasi*, 5(2), 1–9. <https://doi.org/10.32502/jd.v5i2.3027>
- Gelatin Manufacturers Institute of America. (2019). *GMLA gelatin handbook*. <https://www.gelatin-gmia.com/booklet.html>
- Gerungan, D., Sompie, M., Sopotan, J. M., & Mirah, A. D. P. (2019). Pengaruh Perbedaan Suhu Ekstraksi terhadap Kekuatan Gel, Viskositas, Rendemen, dan pH Gelatin Kulit Babi. *Zootec*, 39(1), 93–100. <https://doi.org/10.35792/zot.39.1.2019.23761>
- Harini, N., Atoum, M. F. M., Wulandari, S. T. A., Wahyudi, V. A., Jan, A., & Iqar, I. (2023). Extraction, characterization, amino acid profile of halal gelatin from Kampong and broiler chicken feet skin. *Jordan Journal of Biological Sciences*, 16(3), 379–387. <https://doi.org/10.54319/jjbs/160301>
- Kaewbangkerd, K., Hamzeh, A., & Yongsawatdigul, J. (2023). Ultrasound-assisted extraction of collagen from broiler chicken trachea and its biochemical characterization. *Ultrasonics Sonochemistry*, 95, 106372. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2023.106372>
- Koneti, P. B., Raziuddin, M., Banerjee, R., Devangare, A. A., Kulkarni, R. C., Bhosale, A. V., Maheswarappa, N. B., Belore, B., Judy, L., Sowmya, P., Thakre, S., & Hangarkar, M. (2024). Biopolymer characterization: Gelatin from poultry waste as a sustainable alternative. *Journal of Meat Science*, 19(2), 1–6. <https://doi.org/10.48165/jms.2024.19.02.01>
- Maulina, D. E., Ismayanti, A. P., Ana, S. S., & Hasdar, M. (2024). Tinjauan Produksi Gelatin: Sumber, Bahan Baku, Pretreatment, dan Teknik Ekstraksi Lanjutan. *Jurnal Agroindustri Pangan*, 3(3), 125–137. <https://doi.org/10.47767/agroindustri.v3i3.753>
- Mohammadnezhad, S., & Farmani, J. (2022). Rheological and functional characterization of gelatin and fat extracted from chicken skin for application in food technology. *Food Science & Nutrition*, 10(6), 1908–1920. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2807>
- Najah, Z., Annazhifah, N., & Qisti, N. (2025). Optimasi Kondisi Suhu dan Waktu Ekstraksi Gelatin Tulang Ikan Bandeng (*Chanos chanos*) pada Karakteristik Fisik. *Wanatani*, 5(2), 220–230. <https://doi.org/10.51574/wanatani.v5i2.720>
- Naomi, R., Bahari, H., Ridzuan, P. M., & Othman, F. (2021). Natural-based biomaterial for skin wound healing (gelatin vs. collagen): Expert review. *Polymers*, 13(14), 2319. <https://doi.org/10.3390/polym13142319>
- Noor, N. Q. I. M., Razali, R. S., Ismail, N. K., Ramli, R. A., Razali, U. H. M., Bahauddin, A. R., Zaharudin, N., Rozzamri, A., Bakar, J., & Shaarani, S. M. (2021). Application of green technology in gelatin extraction: A review. *Processes*, 9(12), 2227. <https://doi.org/10.3390/pr9122227>
- Nurilmala, M., Sriwahyuni, D., Nugraha, R., Kartika, V. R., Darmawan, N., Putri, E. A. W., Pranata, A. W., & Ochiai, Y. (2023). Response surface methodology (RSM) for optimization of gelatin extraction from pangasius fish skin and its utilization for hard capsules. *Arabian Journal of Chemistry*, 16(8), 104938. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2023.104938>
- Panda, D., & Manickam, S. (2019). Cavitation technology—The future of greener extraction method: A review on the extraction of natural products and process intensification

- mechanism and perspectives. *Applied Sciences*, 9(4), 766.
<https://doi.org/10.3390/app9040766>
- Pertiwi, C. W., Nuzulina, B., & Umah, D. (2025). Exploring the potential of halal gelatin from chicken by-products: A review. *Journal of Halal Product and Research*, 8(1), 13–21.
<https://doi.org/10.20473/jhpr.vol.8-issue.1.13-21>
- Pezeshk, S., Rezaei, M., & Abdollahi, M. (2022). Impact of ultrasound on extractability of native collagen from tuna by-product and its ultrastructure and physicochemical attributes. *Ultrasonics Sonochemistry*, 89, 106129.
<https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2022.106129>
- Puspawati, N. M., Widihati, I. A. G., & Widana, I. N. (2017). Komposisi Asam Amino dan Pola Pita Protein Gelatin Halal dari Kulit Ayam Broiler. *Jurnal Kimia*, 11(1), 36–42.
<https://doi.org/10.24843/jchem.2017.v11.i01.p06>
- Said, N. S., & Sarbon, N. M. (2022). Physical and mechanical characteristics of gelatin-based films as a potential food packaging material: A review. *Membranes*, 12(5), 442.
<https://doi.org/10.3390/membranes12050442>
- Salim, N. V., Madhan, B., Glattauer, V., & Ramshaw, J. A. M. (2024). Comprehensive review on collagen extraction from food by-products and waste as a value-added material. *International Journal of Biological Macromolecules*, 278, 134374.
<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.134374>
- Seidavi, A. R., Zaker-Esteghamati, H., & Scanes, C. G. (2019). Chicken processing: Impact, co-products and potential. *World's Poultry Science Journal*, 75(1), 55–68.
<https://doi.org/10.1017/S0043933918000764>
- Shen, L., Pang, S., Zhong, M., Sun, Y., Qayum, A., Liu, Y., Rashid, A. U. R., Xu, B., Liang, Q., Ma, H., & Ren, X. (2023). A comprehensive review of ultrasonic assisted extraction (UAE) for bioactive components: Principles, advantages, equipment, and combined technologies. *Ultrasonics Sonochemistry*, 101, 106646.
<https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2023.106646>
- Szopa, D., Skrzypczak, D., Izydorczyk, G., Chojnacka, K., Moustakas, K., & Witek-Krowiak, A. (2023). Waste valorization towards industrial products through chemo- and enzymatic-hydrolysis. *Bioengineered*, 14(1), 2184480.
<https://doi.org/10.1080/21655979.2023.2184480>
- Talha, M., Tanveer, M., Abid, A., Maan, A. A., Khan, M. K. I., Shair, H., Tanveer, N., & Mustafa, A. (2024). Valorization of poultry slaughter wastes via extraction of three structural proteins (gelatin, collagen and keratin): A sustainable approach for circular economy. *Trends in Food Science & Technology*, 152, 104667.
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2024.104667>
- Zhao, Y., Zhong, M., Pang, S., Liu, P., Sun, Y., Liang, Q., Yu, K., Wang, J., Rehman, A., Rashid, A., Ma, H., & Ren, X. (2025). Exploring the potential of ultrasound: Novel approaches to collagen extraction, modifications, and polypeptide preparation. *Ultrasonics Sonochemistry*, 120, 107504.
<https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2025.107504>
- Zou, Y., Yang, H., Zhang, X., Xu, P., Jiang, D., Zhang, M., Xu, W., & Wang, D. (2020). Effect of ultrasound power on extraction kinetic model, and physicochemical and structural characteristics of collagen from chicken lung. *Food Production, Processing and Nutrition*, 2, Article 3. <https://doi.org/10.1186/s43014-019-0016-1>