

Tinjauan Produksi Gelatin: Sumber, Bahan Baku, Pretreatment, dan Teknik Ekstraksi Lanjutan

A Review of Gelatin Production: Sources, Raw Materials, Pretreatment, and Advanced Extraction Techniques

Diah Eka Maulina, Amanda Putri Ismayanti, Sri Suci Ana, dan Muhamad Hasdar

Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan, Universitas Muhadi Setiabudi
Email : Diahekamaulina14@gmail.com

Diajukan: 28/4/2024 Diperbaiki: 24/8/2024 Diterima: 25/11/2024

ABSTRAK

Gelatin adalah protein yang dihasilkan dari proses hidrolisis kolagen, merupakan biomaterial penting dengan berbagai aplikasi industri. Kolagen, protein struktural utama pada jaringan ikat hewan, diperoleh dari kulit, tulang, dan jaringan ikat. Kemampuan gelatin untuk menyerap air 5-10 kali beratnya dan membentuk gel yang dapat dilelehkan kembali membuatnya ideal untuk berbagai aplikasi. Struktur molekul gelatin yang kompleks memberikannya karakteristik unik seperti kekuatan dan stabilitas, berasal dari asam amino prolin atau hidroksprolin, dan fleksibilitas dari glisin. Kombinasi ini memungkinkan gelatin untuk membentuk gel yang kuat dan elastis, ideal untuk berbagai aplikasi. Secara tradisional, gelatin diperoleh dari dua sumber utama: gelatin sapi dan gelatin babi dengan metode asam (tipe A) atau metode alkali (tipe B). Namun, saat ini, kulit dan tulang dari berbagai hewan seperti kambing, kerbau, domba, ayam, dan ikan juga menjadi alternatif sumber bahan baku gelatin. Bagian dermis kulit sering dipilih karena kandungan kolagennya yang tinggi, sementara tulang rawan, tulang sumsum, dan tulang kompak merupakan sumber kolagen yang baik untuk produksi gelatin. Sebelum proses ekstraksi, bahan baku harus melalui *pretreatment*. *Pretreatment* biasanya melibatkan penggunaan bahan kimia seperti asam, alkali, atau enzim untuk mempersiapkan bahan baku sehingga gelatin dapat diekstraksi secara efisien. Beberapa teknologi modern yang digunakan dalam ekstraksi gelatin termasuk metode *Ultrasound-Assisted Extraction (UAE)*, *Subcritical Water Extraction (SWE)*, *High-Pressure Processing (HPP)*, dan *Microwave-Assisted Extraction (MAE)*. Teknologi seperti UAE dan MAE telah terbukti dapat meningkatkan hasil ekstraksi dan menjaga kualitas gelatin dengan lebih baik, sekaligus mengurangi risiko degradasi termal.

Kata kunci: Gelatin, metode tradisional; metode moderen; UAE ; MAE

ABSTRACT

Gelatin is a protein produced from the hydrolysis process of collagen, an important biomaterial with various industrial applications. Collagen, the main structural protein in animal connective tissue, is obtained from skin, bones, and connective tissue. Gelatin's ability to absorb 5-10 times its weight in water and form a remeltable

gel makes it ideal for a variety of applications. The complex molecular structure of gelatin gives it unique characteristics such as strength and stability, derived from the amino acids proline or hydroxyproline, and flexibility from glycine. This combination allows gelatin to form a strong and elastic gel, ideal for a variety of applications. Traditionally, gelatin is obtained from two main sources: bovine gelatin and pork gelatin by the acid method (type A) or the alkali method (type B). However, currently, skin and bones from various animals such as goats, buffalo, sheep, chickens and fish are also alternative sources of raw materials for gelatin. The dermis of the skin is often chosen because of its high collagen content, while cartilage, bone marrow, and compact bone are good sources of collagen for gelatin production. Before the extraction process, raw materials must go through pretreatment. Pretreatment usually involves the use of chemicals such as acids, alkalis, or enzymes to prepare the raw material so that gelatin can be extracted efficiently. Some modern technologies used in gelatin extraction include Ultrasound-Assisted Extraction (UAE), Subcritical Water Extraction (SWE), High-Pressure Processing (HPP), and Microwave-Assisted Extraction (MAE) methods. Technologies such as UAE and MAE have been proven to increase extraction yields and better maintain gelatin quality, while reducing the risk of thermal degradation.

Keywords: *Gelatin, traditional method; modern methods; UAE ; MAE*

PENDAHULUAN

Gelatin adalah protein yang diperoleh dari hidrolisis kolagen berasal dari kulit, tulang, dan jaringan ikat hewan. Sebagai bahan yang transparan, tidak berwarna, dan tidak berasa, gelatin berubah dari rapuh saat kering menjadi kenyal saat basah. Tersedia dalam bentuk bubuk, granul, dan lembaran, gelatin ada yang bisa langsung ditambahkan ke makanan, sementara yang lain perlu direndam dalam air terlebih dahulu.

Komposisi gelatin meliputi campuran peptida dan protein dari kolagen. Ketika dihidrolisis, kolagen menghasilkan gelatin dengan struktur molekul yang kompleks, memberikan sifat-sifat unik seperti kekuatan dan stabilitas dari prolin atau hidroksiprolin, serta fleksibilitas dari glisin. Asam glutamat yang cukup dominan, berperan dalam rasa dan fungsi metabolik. Gelatin juga mengandung arginin dan alanin, asam amino penting untuk fungsi biologis. Asam amino esensial dalam gelatin, meskipun dalam jumlah lebih kecil, sangat penting karena tubuh manusia tidak dapat memproduksinya sendiri. Komposisi asam amino ini menjadikan gelatin sumber protein yang baik dengan daya cerna tinggi, bermanfaat bagi kesehatan, terutama untuk kulit, rambut, dan kuku, serta pemulihan otot. Gelatin sering digunakan dalam industri makanan sebagai agen pengental atau pembentuk gel, serta dalam industri farmasi untuk membuat kapsul dan tablet (Mikhailov, 2023).

Gelatin menyerap 5-10 kali beratnya dalam air untuk membentuk gel yang dapat dilelehkan kembali dengan pemanasan (Zhang dkk., 2022). Memiliki viskositas yang meningkat di bawah tekanan (tikotropik), titik leleh gelatin berada di bawah suhu tubuh manusia, penting untuk rasa makanan yang diproduksi dengan gelatin. Namun, kekuatan gelatin menurun jika terpapar suhu di atas 100°C atau dijaga pada suhu mendekati 100°C untuk waktu yang lama (Osorio dkk., 2007).

Gelatin, diekstrak dari kolagen, memiliki sifat-sifat unik yang berguna dalam berbagai aplikasi. Ini termasuk kemampuan membentuk gel yang kental dan stabil, mengentalkan cairan, menstabilkan emulsi dan suspensi, membentuk film tipis yang transparan dan fleksibel, serta sifat higroskopis yang menyerap dan menahan air (Deng dkk., 2020). Aplikasi gelatin sangat beragam, termasuk dalam industri makanan sebagai agen pengental, pembentuk gel, dan stabilizer; dalam industri farmasi sebagai bahan pembuatan kapsul obat, tablet, dan salep; dalam kosmetik sebagai agen pengental, pembentuk gel, dan pelembab; dalam fotografi untuk pembuatan film; dan dalam tekstil sebagai bahan finishing (Lu dkk., 2022). Secara keseluruhan, gelatin adalah protein serbaguna dengan sifat-sifat bermanfaat yang menjadikannya bahan tak tergantikan dalam industri makanan dan banyak bidang lainnya.

Dalam penyiapan bahan baku gelatin biasanya yang digunakan adalah kulit dan tulang. Kulit yang digunakan sebagai bahan baku adalah bagian dermis karena mengandung kolagen yang tinggi. Dermis menjadi pilihan utama untuk produksi kolagen gelatin karena dermis memiliki kandungan kolagen yang tinggi, protein utama yang membentuk kerangka jaringan ikat, termasuk kulit, sementara epidermis tidak mengandung kolagen. Dermis juga bertanggung jawab atas struktur dan kekuatan kulit, memberikan elastisitas, fleksibilitas, dan membantu regenerasi sel-sel kulit, sedangkan epidermis berperan dalam melindungi tubuh dari pengaruh luar. Selanjutnya, dalam proses produksi gelatin, dermis diolah dengan bahan kimia untuk mengekstrak kolagen, kemudian dimurnikan, dikeringkan, dan digiling menjadi bubuk gelatin. Kualitas kolagen yang dihasilkan dari dermis umumnya lebih tinggi dan stabil, cocok untuk diekstrak menjadi gelatin. Dengan demikian, dermis menjadi pilihan optimal untuk produksi kolagen gelatin karena kandungan kolagen yang tinggi, memberikan struktur dan kekuatan pada kulit, serta proses pengolahan yang mudah (Hasdar, 2024).

Epidermis tidak mengandung kolagen, sebagai lapisan terluar kulit, terdiri dari sel-sel mati yang terus menerus beregenerasi. Fungsinya adalah sebagai pelindung utama tubuh dari dunia luar. Oleh karena itu, epidermis tidak dapat dijadikan sumber untuk memproduksi gelatin. Di sisi lain, hypodermis atau lapisan terdalam kulit, yang sering disebut jaringan subkutan, didominasi oleh sel-sel lemak. Meskipun hypodermis mengandung sedikit kolagen, jumlahnya jauh lebih sedikit dibandingkan dengan dermis. Namun, kolagen yang sedikit ini pun memiliki struktur berbeda yang kurang cocok untuk pembuatan gelatin. Fungsi utama hypodermis adalah sebagai penyimpan energi (lemak), isolasi tubuh, dan bantalan organ dalam. Namun, strukturnya yang berlemak tidak sesuai untuk proses ekstraksi kolagen yang umumnya menggunakan bahan kimia (Matinong dkk., 2022).

Pemilihan bagian tulang yang tepat menjadi kunci untuk menghasilkan produk dengan sifat fungsional yang optimal. Masing-masing bagian tulang memiliki kandungan kolagen dan manfaat kesehatan yang berbeda, sehingga pemilihannya perlu disesuaikan dengan tujuan penggunaan gelatin. Tulang rawan, yang ditemukan pada sendi, kaya akan kolagen tipe II. Kolagen tipe II ini terbukti memberikan manfaat kesehatan untuk persendian, seperti membantu meredakan nyeri sendi dan meningkatkan mobilitas. Gelatin yang dihasilkan dari tulang rawan memiliki sifat gel yang elastis dan fleksibel, sehingga cocok untuk aplikasi medis dan *nutraceutical* (Fatimah dkk., 2023). Tulang sumsum mengandung kolagen tipe IV, yang berperan penting dalam penyembuhan luka dan meningkatkan kesehatan kulit. Gelatin dari tulang sumsum memiliki sifat gel yang tahan lama dan elastis, menjadikannya ideal untuk aplikasi kosmetik dan biomaterial. Tulang kompak, bagian terkeras dari tulang, mengandung kolagen tipe I dalam jumlah paling tinggi. Kolagen tipe I ini menghasilkan gelatin dengan sifat gel yang kuat, stabil, dan transparan (Ma dkk., 2019). Gelatin dari tulang kompak adalah jenis yang paling umum digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti makanan, obat-obatan, dan fotografi. Pemilihan bagian tulang yang tepat untuk produksi gelatin harus mempertimbangkan tujuan penggunaan dan sifat fungsional yang diinginkan. Gelatin dengan kombinasi kolagen yang tepat dapat memberikan manfaat kesehatan dan aplikasi yang optimal.

METODE PENELITIAN

Pada proses pangolahan gelatin, *pretreatment* merupakan langkah penting yang dilakukan sebelum ekstraksi. *Pretreatment* ini biasanya menggunakan bahan kimia seperti asam, alkali, atau enzim untuk membersihkan bahan baku seperti kulit atau tulang hewan dari kotoran dan substansi yang tidak diinginkan. Tujuannya adalah untuk mempersiapkan bahan baku agar gelatin dapat diekstraksi dengan lebih efisien. Setelah *pretreatment*, proses ekstraksi dilakukan dengan menggunakan *distilled water* (air suling) pada suhu 55-60 °C selama 6-24 jam. Rasio minimal antara sampel dan air suling adalah 1:3, yang berarti setiap bagian sampel harus direndam dalam tiga bagian air suling. Hal ini untuk memastikan bahwa gelatin dapat larut secara maksimal ke dalam air. Proses ini memungkinkan pelarutan gelatin ke dalam air suling dan pemisahan dari bahan baku.

Ekstraksi gelatin dengan air pada suhu 60°C bertujuan untuk mengoptimalkan proses pelarutan gelatin dari bahan baku tanpa merusak struktur molekulnya. Pada suhu ini, gelatin dapat larut dengan baik ke dalam air, sementara suhu yang lebih tinggi dapat merusak protein dan mengurangi kualitas gelatin (Usman dkk., 2022). Proses ini juga membantu mengurangi kadar air dalam bahan, yang penting untuk mencegah pertumbuhan mikroba dan memperpanjang masa simpan produk. Selain itu, suhu yang terkontrol memastikan bahwa ekstraksi gelatin dapat dilakukan dengan efisiensi tinggi, menghasilkan produk dengan kekuatan gel dan viskositas yang optimal.

Metode ekstraksi gelatin, baik yang bersifat konvensional maupun modern, memiliki peran vital dalam menentukan efisiensi dan kualitas gelatin yang dihasilkan. Metode konvensional umumnya melibatkan perlakuan kimia seperti asam atau alkali pada bahan baku, diikuti dengan proses ekstraksi menggunakan panas. Proses ini terkadang memakan waktu yang cukup lama dan melibatkan penggunaan bahan kimia tertentu yang bisa berdampak buruk pada lingkungan.

Metode modern menawarkan alternatif yang lebih ramah lingkungan dan lebih efisien dalam hal waktu dan bahan kimia yang digunakan. Beberapa teknologi modern yang digunakan dalam ekstraksi gelatin termasuk:

1. Metode *Ultrasound-Assisted Extraction (UAE)* adalah pendekatan modern yang meningkatkan efisiensi DALAM ekstraksi gelatin. Proses ini menggunakan

gelombang ultrasonik untuk menghasilkan kavitasasi, di mana gelembung mikro dalam larutan pelarut berkolaps dan menciptakan gelombang kejut. Gelombang kejut ini efektif dalam memecah dinding sel dari bahan baku seperti kulit dan tulang, yang memungkinkan pelarut menembus lebih baik dan mempercepat proses ekstraksi (Widyasari & Rawdkuen, 2014). Keuntungan utama dari UAE termasuk peningkatan laju ekstraksi, yang mengurangi waktu yang dibutuhkan untuk memproduksi gelatin. Selain itu, metode ini lebih efisien dari segi energi dibandingkan dengan metode ekstraksi konvensional, serta menghasilkan gelatin dengan kualitas yang lebih baik karena proses ekstraksi yang lebih lembut mengurangi risiko degradasi termal. UAE juga lebih ramah lingkungan karena mengurangi penggunaan bahan kimia dan pelarut yang berbahaya. Dengan demikian, UAE menawarkan alternatif yang lebih efisien dan ramah lingkungan dibandingkan dengan metode ekstraksi konvensional, memberikan manfaat baik dari segi efisiensi produksi maupun dampak lingkungan (Goswami dkk., 2024).

2. Metode *Subcritical Water Extraction (SWE)* merupakan inovasi dalam teknik ekstraksi yang mengedepankan keberlanjutan dan perlindungan lingkungan. Teknik ini memanfaatkan air pada kondisi subkritis, yaitu suhu dan tekanan yang lebih rendah dari titik kritisnya, untuk mengekstrak gelatin (Noor dkk., 2021). Pada kondisi ini, air berperan sebagai pelarut yang efektif tanpa memerlukan bahan kimia berbahaya, sehingga mengurangi risiko kontaminasi produk dan dampak negatif terhadap lingkungan. Kelebihan lain dari SWE adalah efisiensi energinya yang tinggi, membutuhkan energi lebih rendah dibandingkan dengan metode yang menggunakan pelarut organik pada suhu tinggi. Selain itu, SWE mampu menghasilkan gelatin dengan kualitas yang lebih baik karena prosesnya yang lembut menghindari degradasi termal yang signifikan. Proses ekstraksi dengan SWE juga terbilang cepat, memungkinkan produksi gelatin dalam waktu yang lebih singkat dibandingkan metode konvensional yang bisa memakan waktu berjam-jam atau bahkan berhari-hari. Dengan demikian, SWE menawarkan solusi yang lebih efisien dan berkelanjutan untuk produksi gelatin, dengan potensi menghasilkan produk berkualitas tinggi sambil meminimalkan dampak terhadap lingkungan (Freitas dkk., 2023).

3. Metode *High-Pressure Processing (HPP)* menjadi teknologi utama dalam ekstraksi gelatin dengan menggunakan tekanan tinggi untuk mengubah struktur bahan baku seperti kulit dan tulang, yang mempermudah proses ekstraksi gelatin (Jaswir dkk., 2017). Salah satu kelebihan teknologi ini adalah pengakuan sebagai metode hijau karena dapat mengurangi penggunaan listrik selama operasinya. Keefektifan HPP terbukti dari peningkatan hasil ekstraksi dan konsentrasi gelatin, serta pengurangan waktu yang diperlukan untuk pra-perlakuan bahan baku. Manfaat penerapan HPP mencakup beberapa aspek. Pertama, tekanan tinggi dapat meningkatkan jumlah gelatin yang dapat diekstrak dari bahan baku, sehingga menghasilkan hasil ekstraksi yang lebih besar (He dkk., 2021). Selanjutnya, HPP memperpendek waktu pra-perlakuan yang diperlukan sebelum proses ekstraksi dimulai. Selain itu, dari segi efisiensi energi, HPP dinilai lebih hemat energi dibandingkan dengan metode ekstraksi konvensional. Terakhir, gelatin yang dihasilkan oleh HPP memiliki kualitas yang lebih baik karena metode ini mampu menjaga integritas struktural gelatin dan menghindari degradasi termal yang mungkin terjadi pada proses lainnya. Dengan demikian, *High-Pressure Processing (HPP)* bukan hanya menjadi pilihan yang efisien dalam ekstraksi gelatin, tetapi juga memberikan keunggulan yang signifikan dalam aspek efisiensi, kualitas, dan keberlanjutan (Usman dkk., 2022).
4. Metode *Microwave-Assisted Extraction (MAE)* merupakan teknik yang memanfaatkan energi microwave untuk memanaskan bahan baku seperti kulit atau tulang secara cepat dan merata, yang sangat membantu dalam memudahkan dan mempercepat proses ekstraksi gelatin. Keunggulan metode ini termasuk efisiensi waktu, di mana pemanasan yang cepat dan merata memungkinkan proses ekstraksi berlangsung lebih singkat. Selain itu, MAE sering kali membutuhkan lebih sedikit pelarut dibandingkan dengan metode konvensional, yang berkontribusi pada pengurangan penggunaan pelarut (Liu dkk., 2019). Penggunaan *microwave* dalam MAE juga memungkinkan kontrol yang lebih presisi atas suhu dan tekanan selama proses ekstraksi, yang berujung pada kualitas gelatin yang lebih baik dengan sifat gel yang unggul dan struktur triple helix yang lebih stabil setelah proses pematangan (Usman dkk.,

2023). Dengan demikian, MAE menawarkan pendekatan yang efektif dan efisien dalam ekstraksi gelatin.

Jika membandingkan efisiensi dan kualitas metode konvensional dan modern maka metode modern cenderung lebih efisien karena membutuhkan waktu yang lebih singkat dan mengurangi penggunaan bahan kimia. Selain itu, teknologi seperti UAE dan MAE dapat meningkatkan hasil ekstraksi serta menjaga kualitas gelatin dengan lebih baik dengan mengurangi risiko degradasi termal. Meskipun begitu, metode konvensional masih banyak digunakan karena biaya operasional yang lebih rendah dan kemudahan dalam skala produksi besar. Namun, dengan mempertimbangkan keunggulan lingkungan dan potensi untuk menghasilkan gelatin dengan sifat fungsional yang lebih baik, metode modern menawarkan alternatif yang menarik. Secara keseluruhan, pemilihan metode ekstraksi tergantung pada sumber bahan baku yang tersedia, standar kualitas produk akhir yang diinginkan, serta pertimbangan lingkungan (Noor dkk., 2021). Diharapkan dengan perkembangan teknologi yang terus berlangsung, metode ekstraksi modern akan terus dioptimalkan untuk menciptakan gelatin yang efisien dan berkualitas tinggi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gelatin, protein tidak larut hasil hidrolisis kolagen, memiliki berbagai aplikasi penting dalam industri makanan, farmasi, dan biomedis. Sifat-sifat uniknya, seperti kemampuannya membentuk gel, mengentalkan, dan menstabilkan, menjadikannya bahan yang sangat serbaguna dengan berbagai manfaat. Dalam industri makanan, gelatin digunakan dalam berbagai produk, seperti permen jeli dan marshmallow, yoghurt dan es krim, saus dan gravy, produk daging olahan, serta pembungkus permen yang dapat dimakan. Gelatin memberikan tekstur khas pada permen jeli dan marshmallow, menstabilkan emulsi dalam yoghurt dan es krim, serta mengentalkan saus dan gravy. Selain itu, gelatin juga membantu mempertahankan tekstur dalam produk daging olahan dan digunakan sebagai pembungkus permen yang dapat dimakan (Lu dkk., 2022).

Di industri farmasi, gelatin digunakan untuk pembuatan kapsul obat, salep dan krim, tablet obat, serta sistem pengiriman obat terkontrol. Gelatin memberikan kekuatan dan struktur pada kapsul obat, membantu mengentalkan salep dan krim,

serta berperan sebagai pengikat dalam tablet obat dan sistem pengiriman obat terkontrol (Mikhailov, 2023). Dalam biomedis, gelatin digunakan dalam rekayasa jaringan untuk regenerasi tulang, rawan, dan jaringan lainnya. Gelatin juga digunakan sebagai pembalut luka untuk membantu penyerapan darah dan cairan serta mempromosikan penyembuhan luka. Selain itu, gelatin hadir dalam berbagai produk kosmetik seperti krim wajah, lotion, dan masker rambut, memberikan hidrasi dan meningkatkan tekstur (Rana dkk., 2022).

Dalam lima tahun terakhir, terjadi kemajuan pesat dalam inovasi penggunaan gelatin, terutama dalam bidang biomedis dan aplikasi lainnya. Beberapa perkembangan terbaru yang mencolok termasuk pengembangan nanopartikel gelatin untuk pengiriman obat yang lebih efektif dan terarah, memanfaatkan sifat biokompatibilitas dan biodegradabilitas gelatin (Andrée dkk. 2022). Selain itu, gelatin dikombinasikan dengan biopolimer lain untuk membuat *scaffold* komposit yang mendukung adhesi dan proliferasi sel, yang merupakan elemen kunci dalam rekayasa jaringan. Gelatin juga digunakan sebagai agen pelapis permukaan untuk meningkatkan interaksi sel dan memfasilitasi penyembuhan luka, serta sebagai porogen dengan ukuran yang dapat dikontrol dalam pembuatan *scaffold* yang mendukung pertumbuhan jaringan baru (Tabatabaee dkk., 2022).

Di sisi lain, gelatin juga digunakan dalam pengembangan biosensor untuk mendeteksi berbagai analit seperti glukosa, hidrogen peroksida, urea, asam amino, dan pestisida. Penggunaan gelatin dalam biosensor menjadi krusial dalam diagnosis medis, pengujian makanan, dan pemantauan lingkungan (Guan dkk., 2022). Inovasi-inovasi ini menunjukkan potensi gelatin yang luas dalam aplikasi biomedis dan teknologi lainnya. Gelatin menawarkan solusi yang hemat biaya dengan properti sol-gel yang sangat baik, menjadikannya komponen ideal untuk berbagai aplikasi teknologi tinggi.

KESIMPULAN DAN SARAN

Gelatin merupakan protein serbaguna dengan berbagai aplikasi industri, dengan struktur molekul unik yang memberikannya karakteristik kekuatan, stabilitas, dan fleksibilitas. Gelatin dapat diperoleh dari berbagai sumber hewan dan diproduksi menggunakan metode konvensional dan modern. Metode modern menawarkan

beberapa keunggulan, seperti ramah lingkungan dan menghasilkan gelatin dengan kualitas yang lebih baik, menjadikannya alternatif menarik untuk dipertimbangkan di masa depan

DAFTAR PUSTAKA

- Andrée, L., Oude Egberink, R., Dodemont, J., Hassani Besheli, N., Yang, F., Brock, R., & Leeuwenburgh, S. C. (2022). Gelatin nanoparticles for complexation and enhanced cellular delivery of mRNA. *Nanomaterials*, 12(19), 3423.
- Anggaeni, T. T. K. (2020). Pengaruh konsentrasi asam sulfat (H₂SO₄) terhadap rendemen, mutu fisik, dan mutu kimia gelatin dari limbah shaving kulit kambing pickel. *Jurnal Ilmu Ternak Universitas Padjadjaran*, 20(1), 17-24.
- Alipal, J., Pu'Ad, N. M., Lee, T. C., Nayan, N. H. M., Sahari, N., Basri, H., & Abdullah, H. Z. (2021). A review of gelatin: Properties, sources, process, applications, and commercialisation. *Materials Today: Proceedings*, 42, 240-250.
- Deng, G., Guo, S., Zaman, F., Li, T., & Huang, Y. (2020). Recent advances in animal origin identification of gelatin-based products using liquid chromatography-mass spectrometry methods: A mini review. *Reviews in Analytical Chemistry*, 39(1), 260-271.
- Derkach, S. R., Kolotova, D. S., Kuchina, Y. A., & Shumskaya, N. V. (2022). Characterization of fish gelatin obtained from Atlantic cod skin using enzymatic treatment. *Polymers*, 14(4), 751.
- Eysturskarð, J., Haug, I. J., Ulset, A. S., Joensen, H., & Draget, K. I. (2010). Mechanical properties of mammalian and fish gelatins as a function of the contents of α -chain, β -chain, and low and high molecular weight fractions. *Food Biophysics*, 5, 9-16.
- Febriansyah, R., Pratama, A., & Gumilar, J. (2019). Pengaruh konsentrasi NaOH terhadap rendemen, kadar air dan kadar abu gelatin ceker itik (*Anas platyrhynchos Javanica*). *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Ternak (JITEK)*, 14(1), 1-10.
- Fatimah, S., Sarto, S., Fahrurrozi, M., & Budhijanto, B. (2023). Characterization and development of gelatin from cow bones: Investigation of the effect of solvents used for soaking beef bones. *Applied sciences*, 13(3), 1550.
- Freitas, P. A., Martín-Pérez, L., Gil-Guillén, I., González-Martínez, C., & Chiralt, A. (2023). Subcritical Water Extraction for Valorisation of Almond Skin from Almond Industrial Processing. *Foods*, 12(20), 3759.
- Gonzalez-Melo, C., Garcia-Brand, A. J., Quezada, V., Reyes, L. H., Muñoz-Camargo, C., & Cruz, J. C. (2021). Highly efficient synthesis of type B gelatin and low

molecular weight chitosan nanoparticles: Potential applications as bioactive molecule carriers and cell-penetrating agents. *Polymers*, 13(23), 4078.

Goswami, M. J., Dutta, U., & Kakati, D. (2024). Ultrasound-Assisted Extraction for Food, Pharmacy, and Biotech Industries. In *Bioactive Extraction and Application in Food and Nutraceutical Industries* (pp. 103-128). New York, NY: Springer US.

Guan, Y., Huang, Y., & Li, T. (2022). Applications of gelatin in biosensors: Recent trends and progress. *Biosensors*, 12(9), 670.

Guillén, G., Giménez, B., López Caballero, M. E., & Montero García, P. (2011). Functional and bioactive properties of collagen and gelatin from alternative sources: a review

Gumilar, J., Putranto, W. S., & Wulandari, E. (2019). Kualitas gelatin yang diproduksi dari limbah proses shaving kulit domba menggunakan curing HCl dengan konsentrasi dan waktu yang berbeda. *Majalah Kulit, Karet, dan Plastik*, 35(1), 1-6.

Hasan, Tahirah, and Endah Dwijayanti. 2022. "Kandungan Gelatin Ekstrak Limbah Tulang Ikan Bandeng (Chanos Chanos) Dengan Variasi Konsentrasi Asam Sitrat." *Jurnal Sains dan Edukasi Sains* 5(1): 38–43.

Hafidz, R. M. R. N., Yaakob, C. M., Amin, I., & Noorfaizan, A. (2011). Chemical and functional properties of bovine and porcine skin gelatin. *International Food Research Journal*, 18(2), 787-791

Hasdar, M. (2024). Preparation of raw material for gelatin products. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 3070, No. 1). AIP Publishing.

Hasdar, M., Rahmawati, Y. D., & Erwanto, Y. (2019, October). Quality Protein, Viscosity, Gel Strength and Structural Morphology of Sheepskin Gelatin Catalyzed HCl With Different Concentrations. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 334, No. 1, p. 012049). IOP Publishing.

Hasdar, M., Wadli, W., & Daryono, D. (2019). Brebes Sheep Skin That is Hydrolyzed With Excess Acid Solution (CH₃COOH) and Sitrata Acid (C₆H₈O₇) Became Gelatin. *Bantara Journal of Animal Science*, 1(2), 60-65.

He, L., Gao, Y., Han, L., Yu, Q., & Zang, R. (2021). Enhanced gelling performance of oxhide gelatin prepared from cowhide scrap by high pressure-assisted extraction. *Journal of food science*, 86(6), 2525-2538.

Hido, F., Sompie, M., Pontoh, J. H. W., & Lontaan, N. N. (2021). Pengaruh perbedaan suhu ekstraksi terhadap kekuatan gel, viskositas, dan rendemen gelatin ceker ayam kampung. *Zootec*, 41(2), 451-456.

Jaswir, I., Yusof, N., Jamal, P., & Jami, M. S. (2017). Novel method for gelatin extraction of various local fish using High Pressure Processing (HPP). *International Food Research Journal*, 24.

- Jaya, F. M., & Rochyani, N. (2020). Ekstraksi gelatin tulang ikan gabus (*Channa striata*) dengan variasi asam yang berbeda pada proses demineralisasi. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 25(3), 201-207.
- Julie Chandra, C. S., Sasi, S., & Bindu Sharmila, T. K. (2023). Material Applications of Gelatin. In *Handbook of Biopolymers* (pp. 1-34). Singapore: Springer Nature Singapore.
- Liu, T., Dai, H., Ma, L., Yu, Y., Tang, M., Li, Y., ... & Zhang, Y. (2019). Structure of Hyla rabbit skin gelatin as affected by microwave-assisted extraction. *International journal of food properties*, 22(1), 1594-1607.
- Lus, Y., Luo, Q., Chu, Y., Tao, N., Deng, S., Wang, L., & Li, L. (2022). Application of gelatin in food packaging: A review. *Polymers*, 14(3), 436.
- Ma, Y., Zeng, X., Ma, X., Yang, R., & Zhao, W. (2019). A simple and eco-friendly method of gelatin production from bone: One-step biocatalysis. *Journal of cleaner production*, 209, 916-926.
- Mahamud, N., Santiworakun, N. Y., Chaovasuteeranon, S., & Boonmalert, F. (2023). Halal Alternative Sources of Gelatin: A Review. *Journal of Halal Science, Industry, and Business*, 1(2), 43-56.
- Matinong, Andrea Marie E, Yusuf Chisti, and Kim L Pickering. 2022. "Collagen Extraction from Animal Skin." : 1–15.
- Matulesy, D. N., Erwanto, Y., Kastanya, P. J., & Latupapua, M. J. (2023). Bromelin untuk produksi gelatin tulang kambing kacang. *Agrinimal Jurnal Ilmu Ternak dan Tanaman*, 11(2), 83-91.
- Mikhailov, O. V. (2023). Gelatin as it is: history and modernity. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(4), 3583.
- Milano, F., Masi, A., Madaghiele, M., Sannino, A., Salvatore, L., & Gallo, N. (2023). Current trends in gelatin-based drug delivery systems. *Pharmaceutics*, 15(5), 1499.
- Mulyani, S., Hintono, A., Adefatma, N. R., & Pahlawan, I. F. (2021). Ekstraksi kolagen dari kulit kerbau menggunakan asam asetat. *Majalah Kulit, Karet, dan Plastik*, 37(2), 51-58.
- Mutiar, S., Yusmita, L., & Ariyetti, A. (2023). Gelatin halal dari kulit kambing etawa (*capra aegagrus hircus*) dengan bahan curing asam dan basa. *Agroindustrial Technology Journal*, 7(1).
- Nhari, R. M. H. R., Ismail, A., & Che Man, Y. B. (2012). Analytical methods for gelatin differentiation from bovine and porcine origins and food products. *Journal of food science*, 77(1), R42-R46.
- Noor, N. Q. I. M., Razali, R. S., Ismail, N. K., Ramli, R. A., Razali, U. H. M., Bahauddin, A. R., ... & Shaarani, S. M. (2021). Application of green technology in gelatin extraction: A review. *Processes*, 9(12), 2227.

- Nurilmala, M., Nasirullah, M. T., Nurhayati, T., & Darmawan, N. (2021). Karakteristik fisik-kimia gelatin dari kulit ikan patin, ikan nila, dan ikan tuna. *Jurnal Perikanan Universitas Gadjah Mada*, 23(1), 71-77.
- Osorio, F. A., Bilbao, E., Bustos, R., & Alvarez, F. (2007). Effects of concentration, bloom degree, and pH on gelatin melting and gelling temperatures using small amplitude oscillatory rheology. *International Journal of Food Properties*, 10(4), 841-851.
- Putro, P. A., Wachid, M., & Harini, N. (2019). Ekstraksi gelatin dari kulit kelinci lokal jawa (*Lepus negricollis*) dengan variasi jenis pelarut dalam suhu ekstraksi serta aplikasinya pada bakso kelinci. *Food Technology and Halal Science Journal*, 2(2), 183-199.
- Rana, D., Salave, S., Rawat, G., & Benival, D. (2022). Recent trends in drug delivery and emerging biomedical applications of gelatin for ophthalmic indications. *Macromolecular Research*, 30(10), 687-702.
- Rahmawati, R., & Nurjanah, S. (2020). Pengaruh konsentrasi enzim papain terhadap mutu gelatin bubuk dari tulang dan cakar ayam. *Jurnal Konversi*. Vol. 9 (1), 39-51
- Samatra, M. Y., Noor, N. Q. I. M., Razali, U. H. M., Bakar, J., & Shaarani, S. M. (2022). Bovidae-based gelatin: Extractions method, physicochemical and functional properties, applications, and future trends. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 21(4), 3153-3176.
- Tabatabaee, S., Baheiraei, N., & Salehnia, M. (2022). Fabrication and characterization of PHEMA–gelatin scaffold enriched with graphene oxide for bone tissue engineering. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, 17(1), 216.
- Usman, M., Sahar, A., Inam-Ur-Raheem, M., Rahman, U. U., Sameen, A., & Aadil, R. M. (2022). Gelatin extraction from fish waste and potential applications in food sector. *International Journal of Food Science & Technology*, 57(1), 154-163.
- Venupriya, V., Krishnaveni, V., & Ramya, M. (2023). Effect of acidic and alkaline pretreatment on functional, structural and thermal properties of gelatin from waste fish scales. *Polymer Bulletin*, 80(9), 10533-10567.
- Wardi, E. S., Nofiandi, D., & Zazzora, D. D. (2022). Pengaruh Lama Perendaman Dengan Asam Belimbing Wuluh Terhadap Karakter Isolat Gelatin Dari Ceker Ayam Broiler. *Jurnal Katalisator*, 7(1), 18-28.
- Widyasari, R., & Rawdkuen, S. (2014). Extraction and characterization of gelatin from chicken feet by acid and ultrasound assisted extraction. *Food and Applied Bioscience Journal*, 2(1), 85-97.
- Zhang, W., Zhang, B., Wang, Y., Lu, W., Wang, J., Wang, Y., & Guo, Y. (2022). Comprehensive physical and chemical characterization highlights the uniqueness of enzymatic gelatin in terms of surface properties. *Green Processing and Synthesis*, 11(1), 674-685.