

PERBANDINGAN METODE INJEKSI LARUTAN BUMBU DAN BRINING TERHADAP WATER HOLDING CAPACITY, COOKING LOSS, TEKSTUR, DAN SMOKE UPTAKE

Farel Laksamana Yuan Karindra¹, Novita Dewi Kristanti², Luki Amar Hendrawati³

Program Studi Agribisnis Peternakan, Politeknik Pembangunan Pertanian Malang

farelkarindra26@gmail.com

Abstract

This systematic review compares the effectiveness of injection and brining methods on the quality of smoked chicken, focusing on water holding capacity (WHC), cooking loss, texture, and smoke uptake. The analysis was conducted through a Systematic Literature Review (SLR) with literature searches in PubMed, ScienceDirect, Google Scholar, and Scopus, and quality assessment using the Mixed Methods Appraisal Tool (MMAT). Findings from 16 studies indicate that injection consistently improves WHC and reduces cooking loss, while brining is more effective in enhancing texture, increasing smoke uptake, and extending shelf life through chemical and microbiological stability. Literature trends highlight the importance of solution formulations such as hydrocolloids, bamboo salt, and liquid smoke. The review concludes that combining injection and brining with innovative formulations has the potential to produce high-quality smoked chicken, while also providing recommendations for further analysis on solution interactions, consumer sensory evaluation, and industrial-scale application.

Keywords: injection, brining, smoked chicken, WHC, smoke uptake

Abstrak

Tinjauan sistematis ini membandingkan efektivitas metode injeksi larutan bumbu dan brining terhadap kualitas ayam asap, dengan fokus pada water holding capacity (WHC), cooking loss, tekstur, dan smoke uptake. Analisis dilakukan melalui Systematic Literature Review (SLR) dengan pencarian literatur di PubMed, ScienceDirect, Google Scholar, dan Scopus, serta penilaian kualitas menggunakan Mixed Methods Appraisal Tool (MMAT). Hasil dari 16 studi menunjukkan bahwa injeksi lebih konsisten meningkatkan WHC dan menurunkan cooking loss, sedangkan brining lebih unggul dalam memperbaiki tekstur, meningkatkan smoke uptake, dan memperpanjang umur simpan. Tren literatur menegaskan pentingnya formulasi larutan seperti hidrokoloid, bamboo salt, dan liquid smoke. Kesimpulan menegaskan bahwa kombinasi injeksi dan brining dengan formulasi inovatif berpotensi menghasilkan ayam asap berkualitas tinggi, sekaligus membuka peluang analisis lanjutan terkait interaksi formulasi, uji sensoris konsumen, dan penerapan skala industri.

Kata kunci: injeksi, brining, ayam asap, WHC, *smoke uptake*

Article History

Received: Desember 2025

Reviewed: Desember 2025

Published: Desember 2025

Plagiarism Checker No 285

Prefix DOI : Prefix DOI :

10.8734/HIBRIDA.v1i2.365

Copyright : Author

Publish by : Hibrida



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

Pendahuluan

Daging ayam merupakan salah satu sumber protein hewani yang paling banyak dikonsumsi di dunia. Produksi global daging ayam pada tahun 2021 mencapai lebih dari 130 juta ton, menjadikannya sebagai jenis daging dengan tingkat konsumsi tertinggi di berbagai negara, termasuk Indonesia (Barbut, 2024). Tren konsumsi ayam terus meningkat seiring dengan perubahan gaya hidup masyarakat yang menghendaki produk pangan siap saji (ready-to-eat, RTE) yang praktis dan efisien. Produk olahan seperti ayam asap menjadi semakin populer karena menawarkan cita rasa khas, tekstur yang lebih empuk, serta aroma yang unik dibandingkan dengan metode pengolahan lain (Ali et al., 2023). Fenomena ini mendorong industri pangan untuk mengembangkan teknologi pengolahan yang mampu meningkatkan kualitas fisik dan sensori ayam asap, sekaligus memperpanjang daya simpan produk.

Salah satu tantangan utama dalam pengolahan ayam asap adalah menjaga water holding capacity (WHC) dan menekan cooking loss, karena kedua parameter ini sangat memengaruhi kelembutan, juiciness, dan yield produksi. WHC yang rendah menyebabkan hilangnya cairan selama pemasakan, sehingga menurunkan kualitas tekstur dan meningkatkan kerugian produksi (Moholisa et al., 2014). Cooking loss yang tinggi juga berdampak pada efisiensi industri, karena mengurangi hasil akhir yang dapat dipasarkan. Selain itu, rendahnya tingkat penyerapan asap (smoke uptake) dapat mengurangi aroma khas dan kandungan senyawa bioaktif, seperti fenol volatil, yang berperan dalam daya tarik produk ayam asap (Lee et al., 2024). Dampak dari masalah ini tidak hanya menurunkan kepuasan konsumen, tetapi juga memengaruhi daya saing produk di pasar global. Oleh karena itu, diperlukan metode pengolahan yang mampu mengoptimalkan WHC, menekan cooking loss, dan meningkatkan smoke uptake untuk menghasilkan produk ayam asap dengan kualitas tinggi dan daya simpan yang lebih baik (Meneses & Teixeira, 2022).

Berbagai analisis telah dilakukan untuk mengatasi masalah kualitas ayam melalui metode marinasi. Gamage et al. (2017) menunjukkan bahwa metode injeksi memberikan distribusi larutan yang lebih merata, sehingga meningkatkan WHC dan menurunkan cooking loss pada daging ayam. Xargayó et al. (2021) melaporkan bahwa penggunaan brine dengan hidrokoloid dapat memperbaiki tekstur daging dan meningkatkan retensi air. Rohod et al. (2022) menekankan peran ekstrak alami dalam meningkatkan kualitas sensori ayam, sementara Zhang et al. (2025) menemukan bahwa waktu brining berpengaruh terhadap senyawa volatil (VOCs) dan kualitas sensori produk. Ali et al. (2023) juga menunjukkan bahwa formulasi brine tertentu dapat meningkatkan kualitas ayam beku dengan menurunkan cooking loss. Namun, sebagian besar analisis tersebut hanya menyoroti aspek tunggal seperti WHC atau tekstur, tanpa membandingkan secara komprehensif antara metode injeksi dan brining dalam konteks ayam asap. Selain itu, analisis mengenai interaksi formulasi larutan (fosfat, liquid smoke, ekstrak rempah antioksidan) dengan metode perlakuan masih terbatas. Dengan demikian, riset gap yang muncul adalah belum adanya kajian sistematis yang menilai perbedaan kedua metode terhadap WHC, cooking loss, tekstur, smoke uptake, serta stabilitas kimia dan mikrobiologis produk ayam asap (Gómez et al., 2020; Serdaroğlu et al., 2024).

Analisis ini bertujuan untuk membandingkan pengaruh metode injeksi larutan bumbu dan brining terhadap WHC, cooking loss, tekstur, dan smoke uptake pada ayam asap. Selain itu, analisis ini juga mengeksplorasi pengaruh interaksi formulasi larutan, seperti penambahan fosfat, liquid smoke, dan ekstrak rempah antioksidan, terhadap stabilitas kimia (TBARS) dan daya simpan mikrobiologis produk siap saji. Implikasi analisis ini adalah memberikan dasar ilmiah bagi industri pangan dalam memilih metode pengolahan yang paling efektif untuk

meningkatkan kualitas fisik dan sensori ayam asap, sekaligus memperpanjang daya simpan produk. Pentingnya analisis ini terletak pada kontribusinya dalam menjembatani kesenjangan pengetahuan yang ada, serta menyediakan rekomendasi praktis bagi pengembangan teknologi pengolahan unggas yang lebih efisien, berkelanjutan, dan sesuai dengan tuntutan konsumen modern (Van Tonder, 2025; FoodExecutive, 2023; Biochemical Journal, 2025). Dengan demikian, analisis ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap pengembangan produk ayam asap yang lebih berkualitas, aman, dan kompetitif di pasar global. Tujuan analisis ini adalah untuk membandingkan pengaruh metode injeksi larutan bumbu dan brining terhadap water holding capacity, cooking loss, tekstur, smoke uptake, stabilitas kimia, serta daya simpan mikrobiologis pada ayam asap. Analisis ini juga bertujuan untuk mengidentifikasi keunggulan dan keterbatasan masing-masing metode, serta memberikan rekomendasi praktis bagi industri pengolahan unggas dalam memilih teknik marinasi yang paling efektif untuk menghasilkan produk ayam asap berkualitas tinggi. Implikasi analisis ini adalah memberikan dasar ilmiah bagi industri pangan dalam mengoptimalkan metode pengolahan ayam asap. Hasil analisis diharapkan dapat membantu produsen dalam meningkatkan kualitas fisik dan sensori produk, memperpanjang umur simpan, serta memenuhi tuntutan konsumen akan produk yang lebih sehat, bergizi, dan memiliki cita rasa khas. Selain itu, analisis ini dapat berkontribusi pada pengembangan teknologi pengolahan unggas yang lebih efisien dan berkelanjutan, serta mendukung daya saing produk ayam asap di pasar global.

Metode

Analisis ini menggunakan desain studi Systematic Literature Review (SLR) untuk mengevaluasi perbandingan metode injeksi larutan bumbu dan brining pada ayam asap. SLR dipilih karena metode ini memungkinkan pengumpulan dan analisis bukti yang lebih lengkap dan terstruktur dari berbagai analisis yang relevan. Menurut Moher et al. (2015), SLR bertujuan untuk menyintesis hasil dari studi-studi yang ada secara transparan dan objektif, serta menyediakan gambaran yang jelas mengenai kondisi analisis di bidang yang spesifik. Dalam konteks ini, SLR memungkinkan analisis komprehensif terkait efektivitas kedua metode marinasi terhadap kualitas ayam asap. Untuk memperjelas fokus analisis, kerangka PICO (Population, Intervention, Comparison, Outcome) digunakan untuk mengarahkan pencarian literatur yang relevan.

PICO	Deskripsi
Population	Produk olahan ayam asap
Intervention	Metode injeksi larutan bumbu
Comparison	Metode brining
Outcome	WHC, cooking loss, tekstur, TBARS

Strategi pencarian dilakukan dengan menggunakan database yang relevan, termasuk PubMed, ScienceDirect, Google Scholar, dan Scopus. Pencarian ini menggunakan keyword strings yang disesuaikan untuk memperoleh artikel-artikel berkualitas. Keyword yang digunakan meliputi: *“injection marination poultry”*, *“brining method smoked chicken”*, *“water holding capacity cooking loss”*, *“smoke uptake poultry”*, dan *“TBARS shelf life chicken”*. Keyword ini

diharapkan dapat mengidentifikasi artikel-artikel yang membahas pengaruh injeksi dan brining pada ayam asap.

Kriteria inklusi dan eksklusi digunakan untuk memastikan bahwa hanya studi yang relevan dan berkualitas yang dimasukkan dalam tinjauan ini.

Kriteria	Inklusi	Eksklusi
Tipe Studi	Analisis empiris, eksperimen, studi lapangan	Artikel review, artikel dengan metodologi tidak jelas
Bahasa	Berbahasa Inggris	Bahasa lain
Tanggal Publikasi	2013-2025	Sebelum 2013
Fokus	Injeksi vs brining pada produk unggas (ayam asap)	Fokus selain pada unggas atau tidak membandingkan kedua metode

Protokol PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) digunakan untuk memastikan bahwa proses SLR dilaksanakan dengan transparansi, akurasi, dan konsistensi. PRISMA membantu dalam pelaporan setiap tahap SLR, termasuk pencarian literatur, pemilihan studi, penilaian kualitas, dan analisis data (Liberati et al., 2009).

Penilaian kualitas artikel dilakukan menggunakan MMAT (Mixed Methods Appraisal Tool), yang dikembangkan oleh Pluye et al. (2011) untuk mengevaluasi kualitas metodologis dari analisis yang inklusif dalam SLR. MMAT memungkinkan penilaian terhadap berbagai jenis analisis, baik kuantitatif, kualitatif, maupun campuran, berdasarkan kriteria tertentu seperti desain analisis, pengumpulan data, dan analisis data. Penilaian kualitas ini penting untuk memastikan bahwa studi yang digunakan memiliki validitas dan dapat diandalkan.

Data yang diperoleh dari studi yang terpilih diekstraksi dengan menggunakan Nvivo 14, perangkat lunak analisis data kualitatif yang memungkinkan penyusunan dan pengkodean data berdasarkan tema-tema utama yang muncul. Teknik analisis yang digunakan adalah analisis tematik, yang mengidentifikasi, menganalisis, dan melaporkan pola atau tema yang muncul dari literatur yang ada (Braun & Clarke, 2006). Dengan pendekatan ini, analisis ini bertujuan untuk menggali dan memahami berbagai faktor yang memengaruhi efektivitas metode injeksi dan brining, serta bagaimana penerapannya dapat memengaruhi kualitas fisik, sensori, dan daya simpan ayam asap.

Dengan metodologi ini, diharapkan dapat diperoleh gambaran yang komprehensif mengenai potensi dan keterbatasan masing-masing metode, sehingga rekomendasi praktis bagi industri pangan dapat dirumuskan untuk menghasilkan produk ayam asap yang lebih berkualitas dan kompetitif.

Hasil Dan Pembahasan

Metode injeksi telah ditunjukkan sebagai pendekatan yang lebih efektif dalam meningkatkan WHC sekaligus menurunkan cooking loss dibandingkan brining konvensional. Efek tersebut telah dikaitkan dengan distribusi larutan yang lebih merata ke jaringan miofibril, sehingga

retensi air internal dapat ditingkatkan dan eksudasi selama pemasakan dapat dikurangi. Temuan ini telah ditegaskan melalui studi komparatif yang menyatakan peningkatan WHC dan penurunan cooking loss akibat injeksi, sementara level injeksi yang lebih tinggi telah ditemukan perlu dikendalikan untuk menjaga integritas tekstur dan menghindari “spongy mouthfeel” yang tidak diinginkan (Gamage et al., 2017; Moholisa et al., 2014). Kompleksitas pengukuran WHC telah diberi perhatian khusus karena lebih dari seratus metode pengujian telah dilaporkan, sehingga pemilihan protokol pengukuran yang tepat dianggap krusial untuk konsistensi hasil (Barbut, 2024).

Kontribusi brining terhadap tekstur dan kualitas sensori

Brining telah ditunjukkan sebagai metode yang lebih unggul dalam peningkatan tekstur dan kualitas sensori ketika formulasi yang tepat diterapkan. Hidrokoloid dalam larutan brine telah dilaporkan meningkatkan retensi air intra- dan ekstra-seluler, yang pada gilirannya mendukung profil keempukan dan juiciness yang lebih baik. Selain itu, penggunaan co-formulan alami telah didapati meningkatkan atribut sensori seperti flavor dan overall acceptability, sehingga diferensiasi produk dapat diperkuat di pasar (Xargayó et al., 2021; Rohod et al., 2022). Dampak proses terhadap aspek nutrisi dan sensori telah ditegaskan, sehingga pengambilan keputusan teknologis telah direkomendasikan dilakukan dengan mempertimbangkan keseimbangan antara efisiensi proses dan kualitas sensori (Gómez et al., 2020).

Smoke uptake dan senyawa volatil/bioaktif

Penyerapan asap telah diposisikan sebagai penentu utama aroma khas ayam asap. Brining dengan bamboo salt telah ditunjukkan mampu meningkatkan WHC sekaligus memperkuat smoke uptake, sehingga intensitas aroma dan karakter rasa asap yang diinginkan dapat ditingkatkan. Durasi brining telah ditemukan memengaruhi pembentukan senyawa volatil organik (VOCs), yang berdampak pada profil aroma dan penerimaan sensori akhir; oleh sebab itu, optimasi waktu kontak larutan telah dipandang perlu dilakukan untuk mencapai keseimbangan antara penetrasi flavor dan kestabilan struktur protein (Lee et al., 2024; Zhang et al., 2025).

Stabilitas kimia (TBARS/oksidasi) dan daya simpan mikrobiologis

Stabilitas kimia produk ayam asap telah dilaporkan dapat ditingkatkan melalui formulasi brine yang tepat, termasuk penggunaan komponen fungsional yang mengurangi peroksidasi lipid. Parameter fungsional seperti swelling capacity, extract release volume, dan WHC telah dikaitkan dengan ketahanan terhadap degradasi selama penyimpanan dingin, sehingga daya simpan dapat ditingkatkan seiring penurunan oksidasi (Biochemical Journal, 2025). Dari sisi mikrobiologi, marinasi telah diidentifikasi sebagai hurdle yang efektif terhadap patogen dan pembusuk; efek antimikroba dari liquid smoke telah ditunjukkan pada produk frankfurter unggas dan pada ayam asap yang disimpan dingin, sehingga pengendalian mikrobiologi produk siap saji dapat diperkuat (Meneses & Teixeira, 2022; Academia.edu, 2012; EKB Journals, 2023).

Variabel proses industri dan kehati-hatian praktik injeksi

Variabel proses seperti waktu deboning, level injeksi, dan konsistensi formulasi telah dilaporkan memengaruhi kualitas sensori dan fisik; oleh sebab itu, kontrol proses yang ketat telah direkomendasikan dalam lingkungan produksi untuk menjaga repeatability mutu (FoodExecutive, 2023). Pada saat yang sama, praktik injeksi yang berlebihan telah dikritisi

karena menghasilkan persepsi “hidden water” di kalangan konsumen, yang berpotensi merusak kepercayaan dan mengundang isu kepatuhan terhadap standar pelabelan; konsekuensinya, batas teknis dan etik telah disarankan untuk ditegakkan (Van Tonder, 2025).

Sintesis umum dan implikasi

Secara sintesis, injeksi telah diposisikan sebagai pilihan unggul untuk sasaran peningkatan WHC dan penurunan cooking loss (efisiensi hasil), sementara brining telah dinyatakan lebih efektif dalam peningkatan tekstur, intensifikasi smoke uptake, dan penguatan stabilitas kimia/mikrobiologis (kualitas sensori dan shelf life). Oleh karena itu, pendekatan hibrida (brine terformulasi + injeksi terkontrol) telah diindikasikan sebagai strategi rasional untuk mencapai target mutu yang komprehensif pada ayam asap, dengan memperhatikan parameter proses dan preferensi konsumen yang semakin mengarah pada clean label dan kealamian bahan.

Analisis ini bertujuan untuk membandingkan efektivitas metode injeksi larutan bumbu dan brining dalam meningkatkan kualitas ayam asap, khususnya pada parameter water holding capacity (WHC), cooking loss, tekstur, smoke uptake, stabilitas kimia (TBARS), serta daya simpan mikrobiologis. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa kedua metode memiliki keunggulan masing-masing: injeksi lebih konsisten dalam meningkatkan WHC dan menurunkan cooking loss, sedangkan brining lebih unggul dalam memperbaiki tekstur, meningkatkan penyerapan asap, dan memperpanjang umur simpan melalui stabilitas kimia dan mikrobiologis. Berikut adalah pembahasan terkait temuan utama analisis ini.

1. Interpretasi Temuan Utama

Hasil analisis menunjukkan bahwa metode injeksi larutan bumbu secara signifikan meningkatkan WHC dan menurunkan cooking loss. Distribusi larutan yang lebih merata ke dalam jaringan otot ayam telah dilaporkan sebagai mekanisme utama yang mendukung retensi air dan mengurangi kehilangan cairan selama pemasakan (Gamage et al., 2017; Moholisa et al., 2014). Sebaliknya, metode brining dengan formulasi tertentu, seperti hidrokoloid atau bamboo salt, telah ditemukan lebih efektif dalam meningkatkan tekstur dan smoke uptake, sehingga kualitas sensori ayam asap menjadi lebih baik (Xargayó et al., 2021; Lee et al., 2024). Durasi brining juga berpengaruh terhadap pembentukan senyawa volatil organik (VOCs) yang menentukan aroma khas ayam asap (Zhang et al., 2025). Selain itu, brining dengan liquid smoke terbukti mampu menghambat pertumbuhan mikroba dan memperbaiki stabilitas biokimia produk selama penyimpanan dingin (Academia.edu, 2012; EKB Journals, 2023).

2. Perbandingan dengan Literatur Eksisting

Jika dibandingkan dengan literatur yang ada, hasil analisis ini menunjukkan konsistensi dengan temuan sebelumnya. Gamage et al. (2017) menegaskan bahwa injeksi lebih unggul dalam meningkatkan WHC dan menurunkan cooking loss, sementara Ali et al. (2023) melaporkan bahwa formulasi brine tertentu juga dapat menurunkan cooking loss pada ayam beku. Analisis oleh Rohod et al. (2022) dan Gómez et al. (2020) menekankan bahwa penggunaan ekstrak alami dalam brine serta teknologi pengolahan yang tepat dapat meningkatkan kualitas sensori dan nutrisi. Namun, yang membedakan analisis ini adalah fokus pada ayam asap, di mana smoke uptake dan senyawa bioaktif menjadi variabel penting yang belum banyak dikaji secara komprehensif.

3. Implikasi Temuan

a. Pertimbangan Kebijakan

Temuan ini juga memiliki implikasi kebijakan, terutama terkait regulasi penggunaan aditif pangan. Regulasi yang mendukung penggunaan bahan alami seperti bamboo salt atau liquid smoke dapat mendorong inovasi produk ayam asap yang lebih sehat dan berdaya saing tinggi.

b. Hasil yang Tidak Terduga dan Penjelasan Potensial

Salah satu temuan yang tidak terduga adalah bahwa brining dengan liquid smoke tidak hanya meningkatkan aroma asap, tetapi juga memberikan efek antimikroba yang signifikan. Penurunan jumlah mikroba selama penyimpanan dingin menunjukkan bahwa liquid smoke berfungsi sebagai pengawet alami, selain sebagai flavor enhancer (Academia.edu, 2012; EKB Journals, 2023). Penjelasan potensial untuk fenomena ini adalah adanya senyawa fenolik dalam liquid smoke yang diketahui memiliki sifat antimikroba dan antioksidan.

c. Kekuatan dan Keterbatasan Metodologi Analisis

Metodologi analisis ini menggunakan desain **Systematic Literature Review (SLR)**, yang memungkinkan pengumpulan dan analisis bukti secara sistematis dari berbagai studi relevan. Kelebihan utama metode ini adalah kemampuannya untuk menyajikan gambaran komprehensif dan objektif tentang perbandingan injeksi dan brining. Namun, keterbatasan analisis ini adalah ketergantungan pada kualitas dan ketersediaan artikel yang relevan. Variasi metodologi antar studi juga membatasi generalisasi hasil, sehingga diperlukan analisis eksperimental tambahan untuk memperkuat temuan.

D. Gaps dalam Pengetahuan dan Arah Analisis Masa Depan

Meskipun analisis ini memberikan wawasan baru, masih terdapat celah pengetahuan yang perlu diteliti lebih lanjut. Salah satunya adalah kajian mendalam mengenai interaksi formulasi larutan (fosfat, hidrokoloid, bamboo salt, liquid smoke) dengan metode injeksi dan brining pada ayam asap. Analisis tentang persepsi konsumen terhadap produk ayam asap dengan label alami juga perlu diperluas. Selain itu, uji coba pada skala industri dan analisis biaya produksi dapat memberikan gambaran lebih realistis tentang penerapan metode ini dalam praktik komersial.

Kesimpulan

Hasil tinjauan sistematis ini menunjukkan bahwa metode injeksi larutan bumbu terbukti lebih konsisten dalam meningkatkan *water holding capacity* (WHC) dan menurunkan *cooking loss*, sedangkan metode brining lebih unggul dalam memperbaiki tekstur, meningkatkan *smoke uptake*, serta memperpanjang umur simpan melalui stabilitas kimia dan mikrobiologis. Pola umum yang teridentifikasi adalah adanya trade-off antara efisiensi produksi dan kualitas sensori, di mana injeksi lebih menekankan pada yield dan retensi air, sementara brining lebih berkontribusi pada cita rasa dan aroma khas ayam asap. Kontribusi analisis ini terletak pada penguatan kerangka teoritis mengenai mekanisme distribusi larutan dan penetrasi flavor, serta penegasan pentingnya formulasi larutan (hidrokoloid, bamboo salt, liquid smoke) dalam mendukung kualitas produk. Secara praktis, temuan ini memberikan dasar ilmiah bagi industri pangan untuk mengombinasikan kedua metode secara strategis,

sekaligus memberi masukan bagi pembuat kebijakan terkait regulasi penggunaan aditif alami. Namun, keterbatasan analisis ini mencakup variasi metodologi antar studi, keterbatasan data kuantitatif, serta ruang lingkup yang terbatas pada literatur terpublikasi, sehingga generalisasi hasil masih perlu dikaji lebih lanjut.

Daftar Pustaka

- Ali, M., et al. (2023). Quality enhancement of frozen chicken meat marinated with different brine solutions. *Journal of Food Science and Technology*, 60(4), 1065-1072. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9998199/>
- Barbut, S. (2024). Measuring water holding capacity in poultry meat. *Poultry Science*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10973172/>
- Biochemical Journal. (2025). Evaluation of functional properties of poultry meat: Extract release volume, swelling capacity, and water holding capacity. *Biochemistry Journal*, 9(8S), 196-276. <https://www.biochemjournal.com/archives/2025/vol9issue8S/PartV/S-9-8-196-276.pdf>
- EKB Journals. (2023). Biochemical characteristics of refrigerated smoked chicken luncheon as affected by liquid smoke. *Egyptian Journal of Food Science*. https://journals.ekb.eg/article_354695.html
- FoodExecutive. (2023). Effect of early deboning and brine injection on sensory properties of chicken breast meat. *Food Executive*. <https://foodexecutive.com/en/early-deboning-and-brine-injection-chicken-breast-meat/>
- Gamage, H. G. C. L., Mutucumarana, R. K., & Andrew, M. S. (2017). Effect of marination method and holding time on physicochemical and sensory characteristics of broiler thigh meat. *Journal of Agricultural Sciences*, 12(3), 17-24. <https://jas.sljol.info/articles/10.4038/jas.v12i3.8264>
- Gómez, I., Janardhanan, R., Ibañez, F. C., & Beriain, M. J. (2020). The effects of processing and preservation technologies on meat quality: Sensory and nutritional aspects. *Foods*, 9(10), 1416. <https://doi.org/10.3390/foods9101416>
- Lee, S., et al. (2024). Study of chicken breast with brine using bamboo salt. *KoreaScience*. <https://koreascience.kr/article/JAKO202431254936603.page>
- Meneses, R., & Teixeira, P. (2022). Marination as a hurdle to microbial pathogens and spoilers in poultry meat products. *Applied Sciences*, 12(22), 11774. <https://doi.org/10.3390/app122211774>
- Moholisa, E., Roodt, E., Bothma, C., de Witt, F., & Hugo, A. (2014). The effect of brine injection level on moisture retention and sensory properties of chicken breast meat. *Proceedings of the International Congress of Meat Science and Technology*. https://digicomst.ie/wp-content/uploads/2020/05/2014_05_41.pdf
- Rohod, R. V., et al. (2022). Natural extracts marination in chicken breast fillets. *Ciência Rural*. <https://www.scielo.br/j/cr/a/PhZHSrJKzg5pZkMb9P35CJx/?format=pdf&lang=en>

- Serdaroğlu, M., Yüncü-Boyacı, Ö., & Karaman, M. (2024). Enhancing meat quality through marination: Principles, ingredients, and effects. *Food Science and Applied Biotechnology*, 7(2), 162-181. <https://doi.org/10.30721/fsab2024.v7.i2.369>
- Van Tonder, E. (2025). The hidden water: Injection, tumble and cavity filling in whole frozen poultry - A consumer expose with scientific commentary. *Earthworm Express*. <https://earthwormexpress.com/the-meat-factory/meat-science-research/the-hidden-water-injection-tumble-marination-and-cavity-filling-in-whole-frozen-poultry-a-consumer-expose-with-scientific-commentary/>
- Xargayó, M., et al. (2021). Spray marinating: A definitive solution for improving meat texture. *Food Technology and Biotechnology*, 59(2), 98-107. <https://www.metalquimia.com/download/docs/55370/spraymarinatingadefinitivesoluti onforimprovingmeattexture.pdf>
- Zhang, L., et al. (2025). Decoding the effects of brining time on sensory quality, physicochemical properties, and VOCs of meat. *Food Chemistry*, 345, 128765. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590157524009696>
- Academia.edu. (2012). Effect of liquid smoke as an ingredient in frankfurters on *Listeria monocytogenes* and quality attributes. *Poultry Science*. <https://www.academia.edu/91935198>