



## Aplikasi Marinasi Berbasis Buah sebagai Tenderizer Alami pada Daging Sapi: Tinjauan Komprehensif Terhadap Tenderness, Juiciness, dan Waktu Marinasi

<u>INFO PENULIS</u>	<u>INFO ARTIKEL</u>
Nadya Vistara Universitas Tanjungpura Email: <a href="mailto:c1061241063@student.untan.ac.id">c1061241063@student.untan.ac.id</a>	ISSN: 3026-3603 Vol. 4, No. 1 April 2026 <a href="http://jurnal.ardenjaya.com/index.php/ajst">http://jurnal.ardenjaya.com/index.php/ajst</a>

© 2026 Arden Jaya Publisher All rights reserved

### **Saran Penulisan Referensi:**

Vistara, N. (2026) Aplikasi Marinasi Berbasis Buah sebagai Tenderizer Alami pada Daging Sapi: Tinjauan Komprehensif Terhadap Tenderness, Juiciness, dan Waktu Marinasi. *Arus Jurnal Sains dan Teknologi*, 4 (1), 36-44.

### **Abstrak**

Marinasi berbasis buah merupakan salah satu metode tenderisasi alami yang memanfaatkan enzim proteolitik dan asam organik untuk meningkatkan kualitas tekstur daging sapi. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji efektivitas berbagai jenis buah, yaitu nanas, kiwi, dan lemon, sebagai bahan marinasi alami terhadap parameter *tenderness*, *juiciness*, dan waktu marinasi pada daging sapi. Metode yang digunakan adalah studi literatur dengan menganalisis berbagai hasil penelitian dari jurnal ilmiah yang relevan. Hasil kajian menunjukkan nanas mengandung enzim bromelain yang dapat menghidrolisis protein miofibril dan kolagen secara cepat sehingga menghasilkan peningkatan *tenderness* dan *juiciness* dalam waktu marinasi 10-15 menit. Kiwi mengandung enzim actinidin yang bekerja secara progresif dalam memecah protein otot menghasilkan peningkatan keempukan yang stabil, terutama pada proses aging yang lebih lama. Lemon melalui mekanisme asidifikasi yang menyebabkan denaturasi protein dan pelonggaran struktur jaringan otot, sehingga memberikan efek pelunakan yang lebih moderat dengan waktu marinasi lebih lama. Perbandingan ketiga bahan menunjukkan nanas memberikan efek tenderisasi tercepat, kiwi memberikan peningkatan kualitas tekstur paling stabil, dan lemon memberikan efek pelunakan ringan dengan risiko over-tenderization yang lebih rendah. Dengan demikian, pemilihan bahan marinasi berbasis buah perlu disesuaikan dengan tujuan pengolahan dan durasi marinasi untuk memperoleh kualitas daging yang optimal.

**Kata kunci:** Marinasi Berbasis Buah, Tenderness, Juiciness, Enzim Proteolitik

### Abstract

Fruit-based marination is a natural tenderization method that utilizes proteolytic enzymes and organic acids to improve the textural quality of beef. This study aims to examine the effectiveness of several types of fruits, namely pineapple, kiwi, and lemon, as natural marinating agents on the parameters of tenderness, juiciness, and marination time in beef. The method used was a literature review by analyzing various research findings from relevant scientific journals. The results indicate that pineapple contains the enzyme bromelain, which is capable of rapidly hydrolyzing myofibrillar proteins and collagen, resulting in increased tenderness and juiciness within a relatively short marination time of approximately 10–15 minutes. Kiwi contains the enzyme actinidin, which works progressively to break down muscle proteins, producing a stable improvement in tenderness, especially during longer aging processes. Lemon works through an acidification mechanism that causes protein denaturation and loosening of muscle tissue structure, resulting in a more moderate tenderizing effect with longer marination times. The comparison of these three materials shows that pineapple provides the fastest tenderizing effect, kiwi provides the most stable improvement in texture quality, and lemon provides a mild tenderizing effect with a lower risk of over-tenderization. Therefore, the selection of fruit-based marinating agents should be adjusted according to processing objectives and marination duration to obtain optimal meat quality.

**Keywords:** Fruit-based marination, Tenderness, Juiciness, Proteolytic enzymes

### A. Pendahuluan

Daging sapi adalah satu diantara sumber protein hewani yang bernilai gizi tinggi karena kaya akan protein berkualitas, vitamin B kompleks, serta mineral esensial seperti zat besi dan seng dengan tingkat bioavailabilitas yang baik (Y. Wang *et al.*, 2024). Kualitas tekstur daging sapi, khususnya keempukan (*tenderness*) dan *juiciness*, menjadi faktor utama konsumen dalam menerima suatu produk. *Tenderness* didefinisikan sebagai resistensi daging terhadap gaya geser atau tingkat kekerasannya, dan secara konsisten yang memengaruhi kepuasan konsumen terhadap daging merah (Li *et al.*, 2022). Daging yang kurang empuk umumnya memiliki kandungan jaringan ikat, terutama kolagen, yang tinggi serta struktur miofibril yang lebih kompak, sehingga menghasilkan tekstur keras, *cooking loss* yang lebih besar, dan *juiciness* yang lebih rendah (Arcanjo *et al.*, 2019). Protein miofibril mengalami denaturasi dan menyusut sehingga air keluar dari jaringan daging, sedangkan kolagen tinggi membutuhkan waktu terurai menjadi gelatin saat daging di panaskan. Daging menjadi lebih keras dan kehilangan banyak cairan selama proses pemasakan (Jiang *et al.*, 2025).

Kualitas tekstur ditingkatkan menggunakan beberapa metode tenderisasi satu diantaranya menggunakan enzim proteolitik eksogen (H. Wang *et al.*, 2025). Protease nabati banyak diminati karena pertimbangan keamanan, keberlanjutan, dan kesesuaian dengan konsep clean label dalam industri pangan modern (Ismail-fitry, 2023). Marinasi berbasis buah nanas dan buah kiwi dikenal mengandung enzim proteolitik alami yang efektif dalam menghidrolisis protein miofibril dan jaringan ikat (Wu *et al.*, 2025). Nanas mengandung bromelain, protease sistein yang mampu memecah ikatan peptida pada protein struktural seperti aktin dan miosin, serta berkontribusi pada degradasi sebagian kolagen sehingga melemahkan integritas serat otot dan meningkatkan keempukan. (Aziz *et al.*, 2022). Kiwi mengandung actinidin yang memiliki spesifitas luas terhadap protein miofibril dan efektif dalam mempercepat proses pelunakan daging melalui hidrolisis protein otot. Aktivitas proteolitik kedua enzim tersebut dapat meningkatkan *tenderness* dan memperbaiki *juiciness* melalui perubahan struktur protein yang meningkatkan kemampuan retensi air, meskipun penggunaan berlebihan berpotensi menyebabkan *over-tenderization* (Amin & Mahmud, 2025).

Lemon kaya akan asam sitrat yang dapat menurunkan pH daging selama proses marinasi. Penurunan pH ini memicu denaturasi protein miofibril dan perubahan muatan listrik pada protein, yang selanjutnya memengaruhi struktur tersier dan kuarterner protein otot (Ardicil *et al.*, 2024). Menurut teori kimia protein dalam sistem daging, perubahan pH yang menjauhi titik isoelektrik protein dapat meningkatkan daya ikat air, sedangkan kondisi pH yang terlalu rendah dapat menyebabkan denaturasi berlebihan dan penurunan tekstur (Oliveira *et al.*, 2017). Asidifikasi juga dapat melemahkan ikatan silang pada jaringan ikat sehingga berkontribusi

terhadap proses pelunakan secara bertahap (Li *et al.*, 2022). Mekanisme lemon dalam tenderisasi lebih bersifat denaturatif dibandingkan proteolitik, dan efektivitasnya sangat bergantung pada konsentrasi asam serta waktu kontak dengan jaringan daging.

Faktor waktu marinasi menjadi penentu utama dalam marinasi berbasis buah (Oliveira *et al.*, 2017). Durasi marinasi yang terlalu singkat dapat menghasilkan hidrolisis atau denaturasi protein yang belum optimal, sedangkan waktu yang terlalu lama dapat menyebabkan degradasi struktur protein secara berlebihan, menurunkan kohesivitas jaringan, dan menghasilkan tekstur yang terlalu lunak atau lembek (Q. Zhang *et al.*, 2017). Optimasi waktu marinasi diperlukan untuk mencapai keseimbangan antara *tenderness* dan *juiciness* yang diinginkan (Liu *et al.*, 2018). Pengembangan teknologi pangan berbasis bahan alami, kajian komprehensif mengenai efektivitas marinasi berbagai jenis buah terhadap keempukan, *juiciness*, serta durasi marinasi pada daging sapi menjadi penting untuk memberikan dasar ilmiah dalam pemilihan metode tenderisasi yang efektif, aman, dan sesuai dengan preferensi konsumen modern.

## B. Metodologi

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif dengan metode literature review yang bertujuan untuk mengkaji penggunaan marinasi berbasis buah sebagai tenderizer alami pada daging sapi terhadap parameter *tenderness*, *juiciness*, dan waktu marinasi. Penelitian dilakukan dengan menganalisis dan membandingkan hasil penelitian yang telah dipublikasikan pada jurnal ilmiah. Data yang digunakan merupakan data sekunder yang diperoleh dari artikel jurnal ilmiah, buku teks, dan prosiding yang berkaitan dengan marinasi daging menggunakan bahan buah. Sumber literature diperoleh dari : (1) ScienceDirect (2) ResearchGate

## C. Hasil dan Pembahasan

### 1. Nanas

Nanas (*Ananas comosus* L. Merr.) adalah buah yang berasal dari keluar keluarga Bromeliaceae dan memiliki rasa yg istimewa sehingga dikenal sebagai ratu buah. Buah nanas merupakan buah musiman, memiliki pH yg relative asam (kurang lebih 3-4), dan gampang rusak. Buah nanas yang sudah matang mengandung, asam asitrat, asam malat, gula, vitamin A, vitamin B, dan bromelin (Razali *et al.*, 2023). Bromelin di dapatkan melalui ekstrak kasar (*crude extract*) dari batang, mahkota bunga, kulit, inti, dan batang nanas. Bromelin disebut enzim proteolitik karena dapat mempercepat reaksi hidrolisis dari protein (Varilla *et al.*, 2021). Aktivitas proteolitik tersebut menyebabkan fragmentasi miofibril dan penurunan nilai *shear force* (Yow *et al.*, 2023). Aktivitas bromelain dipengaruhi oleh pH, suhu, konsentrasi enzim, dan lama waktu marinasi, sehingga pengontrolan parameter tersebut penting untuk mencegah degradasi protein berlebihan yang dapat menghasilkan tekstur terlalu lunak (Chiarelli *et al.*, 2024).

Bromelain menghidrolisis protein struktural otot, termasuk protein miofibril dan jaringan ikat, sehingga mengurangi ukuran molekul protein dan menghasilkan fragmentasi yang lebih tinggi di dalam jaringan daging yang dapat dilihat dari peningkatan *myofibrillar fragmentation index (MFI)* serta penurunan *Warner-Bratzler shear force*, yang merupakan indikator keempukan daging (Z. Y. Wang *et al.*, 2025). Degradasi protein menyebabkan perubahan struktur protein dari bentuk teratur (*mis.  $\alpha$ -helix dan  $\beta$ -sheet*) menjadi bentuk lebih *disordered (mis.  $\beta$ -turn dan random coil)*, sehingga daging mengalami pelunakan jaringan dan peningkatan kelembutan tekstur. Bromelain mengurangi jumlah ikatan disulfida di dalam jaringan protein otot, sehingga berkontribusi pada penurunan kekakuan dan peningkatan kelembutan daging. (Jiang *et al.*, 2025).

*Tenderness* merupakan satu diantara parameter yang dipengaruhi oleh bromelain karena enzim ini dapat menghidrolisis protein struktural otot sehingga daging menjadi lebih empuk. Studi oleh Razali *et al.*, (2023) menunjukkan bahwa perlakuan dengan bromelain secara signifikan menurunkan nilai *shear force*, yang merupakan indikator dari keempukan daging. Penurunan *shear force* ini terjadi karena bromelain secara selektif memecah protein miofibril dan kolagen pada jaringan otot, meningkatkan fragmentasi miofibril dan mengurangi kekakuan struktur sehingga dapat disimpulkan bromelain efektif sebagai tenderizer alami tanpa menurunkan kualitas utama daging (Matsumoto *et al.*, 2025). Menurut penelitian, Aziz *et al.*, (2022) tentang efek marinasi bromelain terhadap steak melaporkan, perlakuan dengan bromelain selama 10-15 menit menghasilkan skor keempukan yang lebih tinggi secara signifikan dibanding kontrol dan papain, karena aktivitas proteolitiknya yang selektif terhadap

protein pengikat jaringan. Ini menunjukkan bahwa penggunaan bromelain dalam waktu marinasi yang tepat dapat meningkatkan konsistensi kelembutan daging.

*Juiciness* berkaitan erat dengan kemampuan daging mempertahankan air setelah perlakuan enzimatis dan pemasakan. Aktivitas bromelain yang terkontrol dapat memperlonggar struktur protein tanpa merusak total matriks jaringan, sehingga meningkatkan persepsi kelembapan saat dikunyah. Studi eksperimental oleh Aziz *et al.*, (2022) pada steak menunjukkan bahwa marinasi bromelain meningkatkan skor *juiciness* secara signifikan dibanding kontrol. Selain itu, Huang *et al.*, (2026) melaporkan bahwa perlakuan protease termasuk bromelain dapat meningkatkan retensi air akibat perubahan mikrostruktur jaringan otot. *Juiciness* dipengaruhi oleh keseimbangan antara degradasi protein dan kemampuan jaringan mempertahankan cairan intraseluler.

Waktu marinasi merupakan faktor krusial dalam efektivitas bromelain sebagai tenderizer. Aktivitas enzim yang terlalu singkat dapat menghasilkan tenderisasi yang tidak optimal, sedangkan waktu terlalu lama dapat menyebabkan tekstur menjadi terlalu lunak (*mushy*). Penelitian oleh Razali *et al.*, (2023) menunjukkan bahwa durasi perlakuan bromelain berpengaruh signifikan terhadap perubahan sifat fisikokimia daging, terutama tekstur dan pH. Selain itu, Aziz *et al.*, (2022) melaporkan bahwa waktu marinasi 10–15 menit memberikan hasil optimal pada peningkatan *tenderness* tanpa menurunkan kualitas sensori lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa optimasi waktu sangat penting untuk mengontrol aktivitas proteolitik bromelain agar tidak terjadi degradasi protein berlebihan.

## 2. Kiwi

Actinidin, enzim protease yang dominan terkandung di dalam buah kiwi (*Actinidia deliciosa*), diidentifikasi sebagai satu diantara protease nabati yang menunjukkan potensi signifikan dalam proses tenderisasi daging melalui mekanisme hidrolisis protein miofibril dan jaringan ikat. Dalam kajian karakterisasi actinidin dari berbagai kultivar kiwi (Zhu *et al.*, 2018). Ekstrak kiwi yang mengandung actinidin secara signifikan meningkatkan degradasi protein pada otot *beef semitendinosus* melalui pemecahan protein miofibril menjadi fragmen dengan berat molekul lebih rendah. Peningkatan derajat hidrolisis ini mengindikasikan bahwa actinidin mampu menyerang ikatan peptida pada struktur utama protein kontraktil seperti aktin dan miosin, yang merupakan komponen dominan dalam serabut otot sapi (B. Zhang *et al.*, 2017). Enzim proteolitik dari sumber nabati memiliki kemampuan untuk menghidrolisis protein kontraktil secara selektif, sehingga meningkatkan keempukan tanpa memerlukan perlakuan termal intensif (Burgess *et al.*, 2018)

Sebagai enzim golongan cysteine protease, actinidin bekerja melalui mekanisme katalitik berbasis residu sistein aktif yang melakukan serangan nukleofilik terhadap gugus karbonil pada ikatan peptida, sehingga memutus struktur tersier dan kuaterner protein miofibril. Fragmentasi ini menyebabkan berkurangnya kohesi antarfilamen dan melemahnya interaksi aktomiosin, yang pada akhirnya menurunkan resistensi mekanik jaringan otot. Kondisi tersebut berperan langsung terhadap penurunan nilai *shear force* dan peningkatan keempukan saat dikunyah. (Gong *et al.*, 2020) Ekstrak kiwi secara signifikan meningkatkan skor keempukan menurut penilaian konsumen dibandingkan sampel control (Rødbotten *et al.*, 2019; Knaapila *et al.*, 2022). Peningkatan ini tidak hanya disebabkan oleh modifikasi parsial jaringan ikat, termasuk kolagen perimisium dan endomisium, yang berperan besar dalam kekerasan daging sapi, terutama pada potongan dengan aktivitas otot tinggi (Purslow, 2018). Degradasi kolagen dalam batas tertentu akan mengurangi kekakuan matriks jaringan tanpa sepenuhnya merusak integritas struktur, sehingga menghasilkan tekstur yang lebih lunak namun tetap memiliki struktur yang kohesif (Koulicoff *et al.*, 2023).

Namun demikian, penelitian tersebut juga menekankan bahwa kontrol terhadap waktu dan intensitas perlakuan enzimatis sangat krusial, karena aktivitas proteolitik yang berlebihan dapat menyebabkan disintegrasi matriks protein secara ekstrem dan menghasilkan tekstur yang terlalu lembek (*over-tenderisation*) (Satoh *et al.*, 2019). Dengan demikian, kedua studi tersebut memberikan dasar eksperimental yang kuat bahwa actinidin dari kiwi mampu meningkatkan keempukan daging sapi melalui mekanisme proteolisis terarah terhadap protein miofibril dan jaringan ikat, dengan efektivitas yang bergantung pada kondisi perlakuan. (Manful *et al.*, 2020)

## 3. Lemon

Lemon (*Citrus limon* L.) merupakan buah dari famili Rutaceae yang memiliki karakteristik rasa asam kuat akibat kandungan asam organik yang tinggi, terutama asam sitrat dan asam askorbat. pH sari lemon umumnya berada pada kisaran 2,0–3,0 sehingga tergolong sangat asam dan berpotensi mempengaruhi struktur protein daging secara langsung melalui mekanisme denaturasi asam. Selain asam sitrat, lemon juga mengandung senyawa fenolik, flavonoid, serta vitamin C yang dapat berperan dalam stabilitas oksidatif daging selama proses marinasi (Awad *et al.*, 2020). Berbeda dengan nanas yang bekerja melalui enzim protease bromelain, lemon tidak mengandung enzim proteolitik utama, sehingga mekanisme tenderisasi yang dihasilkan lebih didominasi oleh efek penurunan pH dan interaksi ionik terhadap protein miofibril dan jaringan ikat. (Serदारoglu *et al.*, 2024)

Penurunan pH akibat marinasi lemon dapat menyebabkan perubahan muatan listrik pada protein otot, khususnya pada protein miofibril seperti aktin dan myosin (Tsai *et al.*, 2021). Perubahan pH yang menjauh dari titik isoelektrik protein dapat menyebabkan *unfolding* parsial struktur sekunder dan tersier protein, melemahkan interaksi elektrostatik antarfilamen serta memperlonggar struktur aktomiosin sehingga resistensi mekanik jaringan otot menurun dan *Warner-Bratzler shear force* berkurang (Unal *et al.*, 2023). Marinasi dengan larutan asam organik telah dilaporkan secara signifikan menurunkan kekakuan jaringan dan nilai *shear force* melalui perubahan struktur protein dan jaringan ikat akibat lingkungan pH rendah, bukan melalui proteolisis enzim proteolitik exogen seperti bromelain (Zheng *et al.*, 2024).

Marinasi lemon juga berdampak pada *water-holding capacity (WHC)* dan *juiciness*. *Citric acid* dalam marinade menyebabkan penurunan pH di jaringan otot, yang mengubah struktur protein miofibril dan jaringan ikat sehingga memengaruhi kemampuan jaringan mengikat air (Cornet *et al.*, 2021). Kondisi asam dapat menyebabkan pembengkakan serabut otot karena perubahan tekanan osmotik dan distribusi ion, yang pada tahap awal meningkatkan retensi air intramuskular dan *juiciness*. Apabila pH turun terlalu drastis atau waktu marinasi terlalu lama, protein dapat mengalami denaturasi berlebihan yang justru menurunkan kemampuan pengikatan air dan meningkatkan *cooking loss*. (Çimen *et al.*, 2024). Waktu marinasi menjadi faktor krusial dalam penggunaan lemon sebagai tenderizer alami (Molagoda *et al.*, 2022). Paparan asam dalam waktu singkat dapat meningkatkan kelembutan melalui pelonggaran struktur protein, namun waktu yang terlalu lama dapat menyebabkan tekstur menjadi rapuh dan kehilangan kohesi akibat degradasi struktur jaringan secara kimiawi (Irakli *et al.*, 2018). Durasi marinasi berbasis asam organik berpengaruh signifikan terhadap tekstur, pH akhir, serta sifat sensori produk. Optimasi waktu marinasi diperlukan agar efek denaturasi protein tetap berada dalam batas yang meningkatkan *tenderness* tanpa menurunkan *juiciness* dan kualitas sensori secara keseluruhan. (Ardicil *et al.*, 2024)

Secara keseluruhan, lemon bekerja sebagai tenderizer melalui mekanisme kimiawi berbasis asidifikasi, bukan melalui proteolisis enzimatis seperti bromelain. Efektivitasnya dalam meningkatkan *tenderness* dan *juiciness* bergantung pada konsentrasi asam, pH akhir daging, serta lama waktu marinasi. Dengan kontrol parameter yang tepat, lemon dapat berfungsi sebagai alternatif tenderizer alami yang lebih ringan dibandingkan protease buah, dengan risiko *over-tenderisation* yang relatif lebih rendah namun tetap memerlukan pengaturan waktu untuk menjaga integritas tekstur.

## Perbandingan berbagai buah sebagai bahan marinasi

Table 1. Tenderness

Bahan	Skor	Skala	Persen
Kiwi	74,8	0–100	74,80%
Nanas	4,35	1-5	87%
Lemon	6,3	1-9	70%

Berdasarkan data sensori dari masing-masing penelitian, perlakuan menggunakan ekstrak kiwi menghasilkan skor *tenderness* maksimum sebesar 74,8 pada skala 0–100 setelah aging 28 hari. Skor ini meningkat sekitar +14,4 poin dibanding kontrol (60,4), menunjukkan aktivitas proteolitik actinidin yang efektif dalam memecah protein miofibril dan melemahkan struktur serabut otot (Lees *et al.*, 2019). Pada perlakuan nanas, skor *tenderness* tertinggi diperoleh pada perlakuan P4 (15 menit bromelain) dengan nilai 4,35 pada skala 1–5, yang menunjukkan efektivitas enzim bromelain dalam waktu relatif singkat. Bromelain bekerja dengan menghidrolisis kolagen dan protein miofibril secara cepat, sehingga meningkatkan kemampuan

secara signifikan dalam hitungan menit (Aziz *et al.*, 2022). Sementara itu, lemon menghasilkan skor maksimum 6,3 pada skala 1–9, yang mencerminkan peningkatan *tenderness* melalui mekanisme asidifikasi dan denaturasi protein. (Ardicil *et al.*, 2024) Namun, karena tidak melibatkan enzim proteolitik, peningkatan yang dihasilkan lebih moderat dibanding kiwi dan nanas. Secara keseluruhan, jika dilihat dari efektivitas biologis, nanas menunjukkan respon tercepat, sedangkan kiwi menunjukkan peningkatan numerik terbesar dalam sistem pengujian berbasis aging.

Table 2. Juiciness

Bahan	Skor	Skala	Persen
Kiwi	72	0–100	72,00%
Nanas	4,25	1-5	85%
Lemon	6,4	1-9	71%

Pada parameter *juiciness*, ekstrak kiwi menghasilkan skor maksimum 72,0 pada skala 0–100 setelah aging 28 hari. Peningkatan ini berkisar +8–9 poin dibanding kontrol, yang mengindikasikan bahwa degradasi struktur miofibril meningkatkan kemampuan pelepasan cairan saat dikunyah tanpa menyebabkan kehilangan cairan berlebihan selama pemasakan (Lees *et al.*, 2019). Perlakuan bromelain dari nanas menunjukkan skor *juiciness* tertinggi sebesar 4,25 pada skala 1–5 pada perlakuan 15 menit. Panelis menilai daging yang dimarinasi bromelain lebih *juicy*, kemungkinan karena struktur jaringan menjadi lebih longgar sehingga cairan intramuskular lebih mudah dilepaskan saat mastikasi (Aziz *et al.*, 2022). Pada perlakuan lemon, skor maksimum mencapai 6,4 pada skala 1–9. Peningkatan ini berkaitan dengan efek penurunan pH yang menyebabkan perubahan struktur protein dan peningkatan retensi cairan pada tingkat tertentu, meskipun efeknya tidak sekuat enzim protease (Ardicil *et al.*, 2024). Dengan demikian, kiwi dan nanas memberikan peningkatan *juiciness* yang lebih nyata dibanding lemon, dengan mekanisme berbasis enzimatik yang lebih efektif dibanding mekanisme asam.

Table 3. Waktu marinasi

Bahan	Waktu Optimal
Kiwi	28 hari
Nanas	15 menit
Lemon	12 jam

Perbedaan utama ketiga bahan marinasi terletak pada durasi kerja mekanismenya. Bromelain pada nanas menunjukkan efektivitas tinggi dalam waktu sangat singkat (10–15 menit), karena enzim ini langsung menghidrolisis kolagen dan protein myofibril (Aziz *et al.*, 2022). Sebaliknya, actinidin pada kiwi menunjukkan efek yang berkembang selama proses aging hingga 28 hari, dengan peningkatan *tenderness* dan *juiciness* yang progresif dan stabil (Lees *et al.*, 2019). Lemon membutuhkan waktu marinasi lebih lama karena mekanismenya bergantung pada penurunan pH dan denaturasi protein, bukan proteolisis langsung. Oleh karena itu, efeknya lebih lambat dan relatif lebih ringan. (Ardicil *et al.*, 2024)

#### D. Kesimpulan

Berdasarkan perbandingan parameter *tenderness*, *juiciness*, dan waktu marinasi, ketiga buah menunjukkan efektivitas yang berbeda sesuai dengan mekanisme biologisnya. Marinasi menggunakan kiwi menghasilkan peningkatan terbesar pada *tenderness* (74,8%) dan *juiciness* (72%) setelah aging 28 hari. Aktivitas enzim actinidin bekerja secara progresif selama proses aging, sehingga menghasilkan pelunakan yang stabil dan terkontrol tanpa menyebabkan *overtenderisation*. Hal ini menjadikan kiwi lebih cocok untuk sistem produksi dengan waktu pematangan yang panjang dan kontrol kualitas yang terencana. Nanas menunjukkan respons tercepat dengan waktu optimal hanya 15 menit. Skor *tenderness* (87%) dan *juiciness* (85%) mengindikasikan efektivitas tinggi enzim bromelain dalam menghidrolisis kolagen dan protein

miofibril secara cepat. Namun, karena aktivitas proteolitiknya sangat kuat, kontrol waktu menjadi faktor kritis untuk mencegah tekstur yang terlalu lembek. Lemon meningkatkan *tenderness* (70%) dan *juiciness* (71%) melalui mekanisme asidifikasi dan denaturasi protein. Efeknya lebih moderat dan memerlukan waktu marinasi lebih lama ( $\pm 12$  jam), tetapi relatif lebih aman dari risiko degradasi protein berlebihan karena tidak melibatkan enzim proteolitik. Secara keseluruhan, nanas paling efektif untuk pelunakan cepat, kiwi paling optimal untuk peningkatan kualitas bertahap selama *aging*, dan lemon memberikan efek pelunakan moderat berbasis asam. Pemilihan bahan marinasi sebaiknya disesuaikan dengan tujuan pengolahan, durasi proses, serta tingkat keempukan yang diinginkan dalam sistem produksi daging.

### Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan karya ilmiah ini. Terima kasih disampaikan kepada Ibu Prof. Dr. Ir. Yohana Sutiknyawati Kusuma Dewi, MP sebagai dosen pembimbing yang telah memberikan arahan dan masukan selama proses penulisan. Terima kasih kepada para asisten dosen yang sudah memberikan masukan selama proses penulisan. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada institusi yang telah menyediakan fasilitas dan sumber referensi yang mendukung penyusunan artikel ini. Selain itu, penulis mengapresiasi berbagai peneliti yang hasil karyanya digunakan sebagai referensi dalam penulisan tinjauan literatur ini.

### E. Referensi

- Amin, S. M. M., & Mahmud, A. B. (2025). Effect of some fruit extracts on tenderness and some chemical and physical characteristics of cow meat. *UTJagr*, 14(2), 612–623.
- Arcanjo, N. M. O., Morcuende, D., Andrade, M. J., Padilla, P., Madruga, M. S., & Estévez, M. (2019). Bioactivities of wine components on marinated beef during aging. *Journal of Functional Foods*, 57(March), 19–30.
- Ardicil, S., Ardicil, O., & Ustuner, H. (2024). Unraveling the complexities of beef marination: Effect of marinating time, marination treatments, and breed. *Foods*, 1–22.
- Awad, E., Mnayer, D., & Joubrane, K. (2020). Journal of food processing & technology the effect of citric acid on the physicochemical and microbiological parameters of processed burger meat. *Journal of Food Processing & Technology*, 1–9.
- Aziz, F. N., Hasniah, N., & Afidah, U. (2022). Enhancing steak taste, juiciness, tenderness, and acceptability through bromelain-enzyme marination: a sensory-focused approach. *Journal of Applied Food Technology*, 12(1), 23–29.
- Burgess, B., Melis, M., Scoular, K., Driver, M., Schaich, K. M., Keller, K. L., Tomassini Barbarossa, I., & Tepper, B. J. (2018). Effects of CD36 Genotype on Oral Perception of Oleic Acid Supplemented Safflower Oil Emulsions in Two Ethnic Groups: A Preliminary Study. *Journal of Food Science*, 83(5), 1373–1380.
- Chiarelli, P. G., Martinez, B., Nakamura, T., & Mis Solval, K. (2024). Enhancing bromelain recovery from pineapple by-products: a sustainable approach for value addition and waste reduction. *Foods*, 13(4).
- Çimen, N., Unal, K., & Alp, H. (2024). Effects of ultrasound-assisted marination on spent hen meats: Microstructure, textural and technological properties. *Food Bioscience*, 61(March), 104563.
- Cornet, S. H. V., Snel, S. J. E., Lesschen, J., van der Goot, A. J., & van der Sman, R. G. M. (2021). Enhancing the water holding capacity of model meat analogues through marinade composition. *Journal of Food Engineering*, 290, 110283.
- Gong, X., Morton, J. D., Bhat, Z. F., Mason, S. L., & Bekhit, A. E. D. A. (2020). Comparative efficacy of actinidin from green and gold kiwi fruit extract on in vitro simulated protein digestion of beef Semitendinosus and its myofibrillar protein fraction. *International Journal of Food Science and Technology*, 55(2), 742–750.
- Huang, W., Geng, L., Fu, H., Wang, D., Jia, D., Wang, A., Qi, R., Tertulliano, M. S. E., Aabideen, M. Z. U., Zhou, W., Calombe, Q. S. J., Shafique, A., & Liu, C. (2026). Effect of sous vide cooking combined with bromelain on beef tenderness and eating quality. *Food Chemistry: X*, 33(July 2025), 103438.
- Irakli, M., Kleisariis, F., Kadoglidou, K., & Katsantonis, D. (2018). Optimizing extraction conditions of free and bound phenolic compounds from rice by-products and their

- antioxidant effects. *Foods*, 7(6).
- Ismail-fitry, M. R. (2023). Application of plant proteases in meat tenderization : Recent trends and future prospects. *Foods*.
- Jiang, Q., Lv, R., Zhai, P., Wang, X., Li, Y., & Yin, M. (2025). Molecular mechanisms underlying sensory and chemical changes in muscle foods induced by sous-vide cooking: a review. *Foods*, 14(17), 1–23.
- Knaapila, A., Michel, F., Jouppila, K., Sontag-Strohm, T., & Piironen, V. (2022). Millennials' Consumption of and Attitudes toward Meat and Plant-Based Meat Alternatives by Consumer Segment in Finland. *Foods*, 11(3).
- Koulicoff, L. A., Chun, C. K. Y., Hammond, P. A., Jeneske, H., Magnin-Bissel, G., O'Quinn, T. G., Zumbaugh, M. D., & Chao, M. D. (2023). Structural changes in collagen and aggrecan during extended aging may improve beef tenderness. *Meat Science*, 201(March), 109172.
- Lees, A., Konarska, M., Tarr, G., Polkinghome, R., & McGilchrist, P. (2019). Influence of kiwifruit extract infusion on consumer beef carcasses. *Foods*, 1, 1–13.
- Li, X., Ha, M., Warner, R. D., & Dunshea, F. R. (2022). Meta-analysis of the relationship between collagen characteristics and meat tenderness. *Meat Science*, 185(August 2021), 108717.
- Liu, M., Wang, J., Yang, K., Qi, Y., Zhang, J., Fan, M., & Wei, X. (2018). Optimization of ultrasonic-assisted extraction of antioxidant tannin from young astringent persimmon (*Diospyros kaki* L.) using response surface methodology. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(7).
- Manful, C. F., Vidal, N. P., Pham, T. H., Nadeem, M., Wheeler, E., & Thomas, R. H. (2020). Dataset showing the relationship between terpenes, antioxidants and polyphenols in protecting ester and ether linked glycerophospholipids of grilled beef and moose meat marinated with unfiltered beer from oxidation. *Data in Brief*, 33, 106324.
- Matsumoto, M., Igarashi, A., & Muramoto, T. (2025). Estimating the textural properties of bromelain-tenderized beef by impedance measurement. *Animal Science Journal*, 96(1), 1–6.
- Molagoda, I. M. N., Athapaththu, A. M. G. K., Park, E. K., Choi, Y. H., Jeon, Y. J., & Kim, G. Y. (2022). Fermented Oyster (*Crassostrea gigas*) Extract Cures and Prevents Prednisolone-Induced Bone Resorption by Activating Osteoblast Differentiation. *Foods*, 11(5), 1–15.
- Oliveira, S. E. O., Gregory, N. G., Dalla Costa, F. A., Gibson, T. J., & Paranhos da Costa, M. J. R. (2017). Efficiency of low versus high airline pressure in stunning cattle with a pneumatically powered penetrating captive bolt gun. *Meat Science*, 130, 64–68.
- Purslow, P. P. (2018). Contribution of collagen and connective tissue to cooked meat toughness; some paradigms reviewed. *Meat Science*, 144, 127–134.
- Razali, R., Kumar, V., & Budiman, C. (2023). Tenderness and physicochemical characteristics of meat treated by recombinant bromelain of MD2 pineapple from a codon-optimized synthetic gene. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 35(10), 878–889.
- Rødbotten, R., Magliano, I., Host, V., & Veiseth-Kent, E. (2019). *2017 Reciprocal Meat Conference – Muscle and Lipid Biology and Biochemistry Meat and Muscle Biology™ Effects of Postmortem Aging on Small Heat Shock Protein Degradation of 3 Bovine Muscles*. 2019.
- Satoh, R., Tsuge, I., Tokuda, R., & Teshima, R. (2019). Analysis of the distribution of rice allergens in brown rice grains and of the allergenicity of products containing rice bran. *Food Chemistry*, 276, 761–767.
- Serdaroğlu, M., Yüncü-Boyacı, Ö., & Karaman, M. (2024). Enhancing meat quality through marination: principle, ingredients and effects. *FSAB*, 7(May), 162–181.
- Tsai, Y. H., Mengesha, N. M., & Liu, P. F. (2021). Identify the interactions between phytochemicals and proteins in the complicated food matrix. *Food Chemistry*, 356(March), 129641.
- Unal, K., Samet, A., & Mustafa, B. (2023). Improving the textural and microstructural quality of cow meat by black chokeberry , grape , and hawthorn vinegar- - based marination. *WILEY*, April, 6260–6270.
- Varilla, C., Marccone, M., Paiva, L., & Baptista, J. (2021). Bromelain, a group of pineapple proteolytic complex enzymes (*Ananas comosus*) and their possible therapeutic and clinical effects. a summary. *Foods*, 10(10).
- Wang, H., Li, J., Li, Y., Li, Y., Liu, Y., Sun, Y., Wang, J., Liu, Y., Li, X., & Dai, R. (2025). The effect of dragon fruit peel juice marinade pretreatment on the lipid and flavor components of beef steak: Joint analysis of lipidomics and GC-IMS. *Food Research International*, 221(August).
- Wang, Y., Chen, X., Zhou, P., & Fan, D. (2024). Food bioscience beef tenderization without exacerbating the cooking loss : The way of enzymatic deamidation. *Food Bioscience*, 58(February), 103806.
- Wang, Z. Y., Ma, Y. Z., Jiang, X. Y., Wang, C. Y., Li, Y. Q., Liang, Y., Ren, X. D., Qin, L. C., & Zhao, X. Z.

- (2025). Proteolytic and structural mechanisms in tuna tenderization by papain, bromelain and ficin. *Food Chemistry: X*, 30(June), 103010.
- Wu, J., Ding, S., Tao, Y., & Xu, J. (2025). Effects of different raw thawing methods on the quality of sauce marinated beef. *Applied Food Research*, 5(2), 101049.
- Yow, A. G., Bostan, H., Young, R., Valacchi, G., Gillitt, N., Perkins-Veazie, P., Xiang, Q. Y. (Jenny), & Iorizzo, M. (2023). Identification of bromelain subfamily proteases encoded in the pineapple genome. *Scientific Reports*, 13(1), 1–14.
- Zhang, B., Sun, Q., Liu, H. J., Li, S. Z., & Jiang, Z. Q. (2017). Characterization of actinidin from Chinese kiwifruit cultivars and its applications in meat tenderization and production of angiotensin I-converting enzyme (ACE) inhibitory peptides. *Lwt*, 78, 1–7.
- Zhang, Q., Chen, X., Eicher, S. D., Ajuwon, K. M., & Applegate, T. J. (2017). Effect of threonine on secretory immune system using a chicken intestinal ex vivo model with lipopolysaccharide challenge. *Poultry Science*, 96(9), 3043–3051.
- Zheng, H., Li, L., Huang, C., Liu, S., Chen, X., Wang, X., & Hu, P. (2024). Ultrasonics Sonochemistry Evaluation of ultrasound-assisted tomato sour soup marination on beef: Insights into physicochemical , sensory , microstructural , and flavour characteristics. *Ultrasonics Sonochemistry*, 110(July), 107028.
- Zhu, X., Kaur, L., & Boland, M. (2018). Thermal inactivation of actinidin as affected by meat matrix. *Meat Science*, 145, 238–244.