

PENGARUH LAMA FERMENTASI TERHADAP KARAKTERISTIK MINUMAN PROBIOTIK KULIT NANAS MADU

Effect Of Fermentation Time On Pineapple Peel Probiotic Beverage

Nabila Ramadhani¹, Rifatul Masrikhiyah*², Anindya Nurul Fadillah³, Thabita Syifa Putri
S⁴, Widia Pangestika⁵, Ratu Diah Koerniawati⁶

¹⁻⁶ Program Studi Gizi, Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
e-mail: *rifatul.masrikhiyah@gmail.com

Abstrak

Permasalahan kekurangan gizi kronis dan akut di Indonesia memerlukan inovasi pangan fungsional yang mendukung kesehatan pencernaan. Kulit nanas madu memiliki potensi besar sebagai substrat fermentasi karena kandungan karbohidratnya yang tinggi, namun pemanfaatannya belum optimal. Tujuan penelitian ini adalah menentukan formulasi dan durasi fermentasi optimal minuman probiotik berbasis kulit nanas dan madu terhadap karakteristik fisik dan sensoris produk. Metode analisis yang digunakan meliputi uji mutu hedonik dan uji kesukaan (hedonik) oleh 25 orang panelis semi-terlatih, serta estimasi nilai gizi menggunakan perangkat lunak NutriSurvey 2007. Hasil analisis menunjukkan bahwa perlakuan fermentasi selama 2 hari (P1) menghasilkan karakteristik fisik dan sensoris yang paling stabil dan seimbang. Formulasi P1 memperoleh tingkat penerimaan tertinggi dengan nilai rata-rata keseluruhan sebesar 3,74 pada skala hedonik 1–5, dengan skor rasa 3,86 dan tekstur 4,02. Kandungan gizi teoritis per sajian menghasilkan energi sebesar 203,4 kkal dan karbohidrat 53,3 gram. Simpulan penelitian menunjukkan bahwa pengaturan durasi fermentasi selama 2 hari merupakan parameter kritis untuk menghasilkan minuman probiotik yang akseptabel. Penelitian ini penting dalam membuka peluang pemanfaatan hasil samping pertanian sebagai produk intervensi gizi berbasis pangan lokal.

Kata kunci—fermentasi, kulit nanas, madu, minuman probiotik, sensoris.

Abstract

Nutritional deficiencies in Indonesia necessitate functional food innovations that support gastrointestinal health. Pineapple peel has significant potential as a fermentation substrate due to its high carbohydrate content, yet its utilization remains sub-optimal. This study aimed to determine the optimal formulation and fermentation duration of a probiotic beverage based on pineapple peel and honey. Analytical methods included hedonic and quality hedonic testing by 25 semi-trained panelists, and theoretical nutritional estimation using NutriSurvey 2007. The results indicated that a 2-day fermentation period (P1) produced the most stable physical and sensory characteristics. Formulation P1 achieved the highest overall acceptability score of 3.74 on a 1–5 hedonic scale, with a taste score of 3.86 and texture score of 4.02. The theoretical nutritional profile per serving yielded 203.4 kcal of energy and 53.3 g of carbohydrates. In conclusion, controlling the fermentation duration to 2 days is a critical parameter for producing an acceptable probiotic beverage. This study is crucial for advancing the utilization of agricultural by-products as local food-based nutritional intervention products.

Keywords—fermentation, honey, pineapple peel, probiotic beverage, sensory.

1. PENDAHULUAN

Masalah gizi masih menjadi tantangan utama dalam pembangunan kesehatan masyarakat di Indonesia. Berdasarkan Survei Status Gizi Indonesia (SSGI) tahun 2022, prevalensi stunting pada balita mencapai 21,6%, wasting 7,7%, dan underweight 17,1%, yang menunjukkan bahwa permasalahan kekurangan gizi kronis dan akut masih cukup tinggi [1]. Kondisi ini berkontribusi terhadap peningkatan risiko gangguan pertumbuhan, penurunan fungsi kognitif, serta kerentanan terhadap penyakit infeksi dan tidak menular di kemudian hari [1]. Salah satu faktor penting yang berkontribusi terhadap masalah gizi tersebut adalah rendahnya kualitas pola konsumsi, termasuk asupan pangan fungsional yang mendukung kesehatan saluran cerna dan sistem imun.

Bukti ilmiah menunjukkan bahwa keseimbangan mikrobiota usus berperan penting dalam penyerapan zat gizi, modulasi sistem imun, serta pencegahan peradangan kronis [2]. Ketidakseimbangan mikrobiota usus (dysbiosis) telah dikaitkan dengan malnutrisi, gangguan metabolik, dan penurunan status kesehatan secara umum [2]. Oleh karena itu, intervensi gizi yang mendukung kesehatan usus, salah satunya melalui konsumsi pangan probiotik, menjadi pendekatan yang relevan dan berbasis bukti ilmiah.

Limbah kulit nanas madu banyak mengandung gizi dan komponen terbesarnya berupa gula dan karbohidrat. Limbah kulit nanas mencapai 34,61% dari berat nanas utuh dan mengandung kadar karbohidrat sekitar 10,54%, sedangkan ekstrak kulit nanas mengandung kadar glukosa sebesar 17% [3]. Dengan demikian, kulit nanas madu memiliki potensi untuk diolah menjadi minuman fermentasi laktat (probiotik) dikarenakan memiliki kadar karbohidrat (gula) yang tergolong tinggi [3]. Pengembangan produk pangan probiotik berbasis pangan lokal merupakan strategi yang sejalan dengan upaya diversifikasi pangan dan ketahanan pangan nasional. Kulit nanas diketahui mengandung karbohidrat fermentabel, serat pangan, senyawa fenolik, serta komponen bioaktif yang berpotensi mendukung pertumbuhan bakteri asam laktat [4], [5]. Pemanfaatan kulit nanas sebagai bahan baku minuman fermentasi tidak hanya meningkatkan nilai tambah pangan lokal, tetapi juga mendukung prinsip sustainable food system dan pengurangan limbah pangan.

Selain kulit nanas, madu dipilih sebagai bahan lokal pendukung formulasi karena mengandung gula sederhana alami, senyawa bioaktif, serta memiliki sifat prebiotik yang dapat mendukung viabilitas bakteri probiotik [6]. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa madu mampu meningkatkan pertumbuhan bakteri asam laktat serta berkontribusi terhadap aktivitas antioksidan dan antimikroba pada produk fermentasi [6]. Kombinasi kulit nanas dan madu dalam formulasi minuman fermentasi berpotensi menghasilkan produk sinbiotik yang mendukung kesehatan saluran cerna dan status gizi masyarakat.

Namun, pemanfaatan bahan pangan lokal tersebut memerlukan penerapan teknologi pengolahan pangan yang tepat, khususnya teknologi fermentasi. Fermentasi merupakan salah satu teknologi pengolahan yang terbukti mampu meningkatkan ketersediaan hayati zat gizi, menurunkan senyawa antinutrisi, memperpanjang umur simpan, serta menghasilkan metabolit fungsional seperti asam organik dan bakteriosin [7]. Proses fermentasi juga memungkinkan pengembangan minuman probiotik dengan karakteristik sensoris yang lebih diterima oleh konsumen serta aman untuk dikonsumsi [8].

Dalam konteks intervensi gizi, produk minuman probiotik memiliki keunggulan karena mudah dikonsumsi oleh berbagai kelompok usia, praktis, dan dapat berfungsi sebagai media penghantaran mikroorganisme hidup yang bermanfaat bagi kesehatan. Pengembangan minuman fermentasi berbasis kulit nanas dan madu melalui teknologi fermentasi diharapkan dapat menjadi alternatif inovatif produk intervensi gizi yang tidak hanya berkontribusi terhadap perbaikan status kesehatan usus, tetapi juga mendukung upaya penanggulangan masalah gizi di Indonesia secara berkelanjutan [9].

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian meliputi rancangan kegiatan, ruang lingkup penelitian, tempat, teknik pengumpulan data, variabel penelitian, dan teknik analisis data serta metode analisis.

2.1 Bahan

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini meliputi kulit nanas madu segar (Serang, Indonesia), madu hutan murni merek Madu Urat (Indonesia), dan air mineral cair. Bahan pembantu analisis sensoris menggunakan larutan sukrosa murni (merek Merck, kemurnian 99%).

2.2 Alat

Peralatan utama yang digunakan dalam proses pengolahan adalah panci pengolahan stainless steel, centong pengaduk, wadah fermentasi tertutup berbahan plastik (Thinwall), sendok takar, gelas ukur penentu volume, pisau pemotong stainless steel, talenan plastik, dan kain saringan bersih. Perangkat lunak NutriSurvey 2007 digunakan untuk analisis estimasi kandungan gizi.

2.3 Rancangan Penelitian dan Analisis Statistik

Penelitian ini menggunakan dua variasi perlakuan durasi fermentasi dengan komposisi bahan dasar yang seragam untuk mengetahui pengaruh lama waktu fermentasi terhadap karakteristik minuman probiotik. Pembagian formulasi perlakuan dijabarkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Formulasi pada 2 perlakuan

Perlakuan	Kulit Nanas	Madu	Air	Lama Fermentasi
Perlakuan 1 (P1)	150 gram	45 mL	700 mL	2 hari
Perlakuan 2 (P2)	150 gram	45 mL	700 mL	3 hari

Tahapan kerja diawali dengan pra-perlakuan bahan pangan lokal. Buah nanas dicuci bersih di bawah air mengalir selama 3–5 menit untuk meminimalkan cemaran fisik. Seluruh peralatan disterilisasi menggunakan air panas selama 3–5 menit. Buah nanas dikupas secara vertikal di atas talenan bersih, dipastikan daging buah tidak ikut terkelupas. Kulit nanas kemudian dipotong menjadi ukuran sedang (tanpa aplikasi blansing/pengeringan). Potongan kulit nanas ditimbang sebanyak 150 gram, dimasukkan ke dalam wadah Thinwall, lalu ditambahkan 45 mL madu hutan dan 700 mL air mineral, dilanjutkan pengadukan manual hingga homogen.

Proses fermentasi dilangsungkan secara spontan pada suhu ruang laboratorium (± 25 °C) memanfaatkan mikroflora alami bahan. Wadah ditutup rapat namun tidak kedap penuh agar gas karbondioksida hasil samping fermentasi dapat keluar. Penghentian fermentasi didasarkan pada target waktu perlakuan (48 jam untuk P1 dan 72 jam untuk P2). Setelah mencapai target waktu, cairan dipisahkan dari ampas kulit nanas menggunakan saringan steril. Minuman probiotik cair kemudian disimpan di dalam lemari pendingin suhu 4 °C untuk memperlambat metabolisme mikroba pasca-fermentasi.

Analisis karakteristik produk meliputi dua parameter utama, yaitu pengujian sensoris organoleptik dan estimasi nilai gizi. Pengujian sensoris menerapkan uji kesukaan (hedonik) dan uji mutu hedonik dengan melibatkan 25 orang panelis semi-terlatih. Atribut organoleptik yang dievaluasi mencakup warna, rasa, aroma, tekstur/kekentalan, serta tampilan visual keseluruhan. Rentang skor penilaian yang diaplikasikan adalah skala 1 (Sangat Tidak Disukai) hingga skala 5 (Sangat Disukai).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Karakteristik Pangan Lokal Awal

Karakterisasi awal terhadap bahan baku penyusun produk sangat esensial untuk mengetahui kesesuaian komponen nutrisi sebagai media fermentasi alami. Data sifat fisik dan fungsional awal bahan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Karakteristik pangan lokal sebelum pengolahan

Parameter	Kulit Nanas	Madu
Bentuk Fisik	Padat, berserat	Cair Kental
Warna	Kuning kecoklatan dan sedikit hijau	Kuning Keemasan
Komponen Utama	Karbohidrat, Serat pangan, Vitamin C	Glukosa, Fruktosa, Air
Senyawa Bioaktif	Polifenol, Flavonoid, Enzim Bromelain	Senyawa Fenolik, Flavonoid, Enzim
Aktivitas Fungsional	Antioksidan, Antiinflamasi	Antioksidan, Antibakteri, Prebiotik
Peran dalam Fermentasi	Substrat Fermentasi dan Sumber senyawa bioaktif	Sumber gula untuk mikroba fermentasi

Potensi Kulit Nanas: Sebagai hasil samping pangan, kulit nanas madu terbukti kaya akan komponen makro maupun mikro. Kandungan karbohidrat fermentabel yang tinggi bertindak sebagai energi utama, didukung serat pangan dan senyawa bioaktif fungsional seperti polifenol, flavonoid, serta enzim bromelain. Peran Madu sebagai Ko-Substrat: Madu menyediakan pasokan gula sederhana (glukosa dan fruktosa) yang siap dikonsumsi oleh bakteri fermentatif. Selain itu, madu membawa senyawa fenolik dan enzim alami yang memiliki aktivitas antibakteri dan prebiotik, yang berfungsi menjaga viabilitas bakteri asam laktat selama proses fermentasi spontan.

3.2 Karakteristik Fisik Produk Minuman Probiotik

Pengaruh lama durasi waktu fermentasi memicu alterasi signifikan pada sifat makroskopis fisik produk cairan hasil saringan. Komparasi mutu fisik antara perlakuan P1 dan P2 dipaparkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil komparasi parameter fisik produk minuman probiotik

Parameter Fisik	Perlakuan 1 (Fermentasi 2 Hari)	Perlakuan 2 (Fermentasi 3 Hari)
Bentuk	Cair	Cair
Warna	Kuning kecokelatan, dan sedikit keruh	Lebih keruh, dan warna lebih pekat
Aroma	Asam ringan, aroma nanas dan madu masih terdeteksi	Aroma asam lebih kuat
Rasa	Asam lebih ringan	Asam lebih dominan
Kejernihan	Keruh, sedikit endapan	Endapan lebih banyak
pH (indikatif)	Menurun dari bahan awal	Lebih rendah dari perlakuan 1
Gelembung gas	Terlihat sedikit	Cenderung berkurang

Analisis Perlakuan P1 (2 Hari): Pada fase 48 jam, minuman menunjukkan karakteristik fisik yang seimbang. Warna kuning kecokelatan dengan tingkat kekeruhan sedang mengindikasikan kelarutan serat halus kulit nanas dan pembentukan biomassa mikroba probiotik secara teratur. Penurunan pH berjalan stabil menghasilkan aroma dan rasa asam yang ringan. Analisis Perlakuan P2 (3 Hari): Ketika durasi fermentasi diperpanjang hingga 72 jam, aktivitas metabolisme berlanjut ke arah jenuh. Akumulasi asam organik yang masif mengakibatkan penurunan pH secara tajam, membuat rasa asam menjadi sangat dominan dan aroma menusuk kuat. Degradasi komponen padatan yang lama juga memicu pemisahan fase koloid sehingga memunculkan endapan yang lebih banyak di dasar produk.

3.3 Karakteristik Sensoris (Penerimaan Konsumen)

Berdasarkan hasil penilaian organoleptik terhadap dua jenis minuman probiotik yang terbuat dari kulit nanas dan madu dengan variasi durasi fermentasi, yaitu selama 2 hari (P1) dan 3 hari (P2), diketahui bahwa formulasi P1 adalah yang paling disukai oleh para panelis. Formulasi

P1 mendapatkan nilai rata-rata keseluruhan sebesar 3,74 pada skala hedonik 1-5 dari 25 panelis, dengan warna mendapatkan nilai rata-rata sebesar 3,7; rasa mendapatkan nilai rata-rata sebesar 3,86; aroma mendapatkan nilai rata-rata sebesar 3,28; tekstur mendapatkan nilai rata-rata sebesar 4,02; serta tampilan mendapatkan nilai rata-rata sebesar 3,84. Rincian profil skor organoleptik per indikator dirangkum pada Tabel 4.

Tabel 4. Rerata nilai uji hedonik dan mutu hedonik dari 25 panelis

Perlakuan	Warna	Rasa	Aroma	Tekstur	Tampilan	Rata-rata Total
P1 (Fermentasi 2 Hari)	3.70	3.86	3.28	4.02	3.84	3.74
P2 (Fermentasi 3 Hari)	3.24	3.28	3.12	3.80	3.68	3.40

Penentuan Formulasi Terbaik: Berdasarkan hasil akhir pada Tabel 4, Perlakuan 1 (P1) dengan lama fermentasi 2 hari dinilai sebagai produk yang paling optimal karena mengantongi skor kepuasan total tertinggi, yaitu 3,74. Perpanjangan durasi waktu pada P2 justru memicu penurunan mutu sensoris di semua aspek. Aspek Rasa (P1: 3,86 vs P2: 3,28): Fase fermentasi selama dua hari sukses melahirkan rasa asam segar yang moderat. Rasa manis alami dari glukosa dan fruktosa madu, berpadu dengan kandungan flavonoid serta vitamin B dan C, terbukti mampu mengimbangi keasaman produk sehingga rasa asam tidak terlalu tajam di lidah. Sebaliknya, rasa asam dominan pada P2 akibat produksi asam laktat berlebih menurunkan penerimaan panelis. Aspek Tekstur (P1: 4,02 vs P2: 3,80): Tekstur menjadi parameter dengan nilai kepuasan tertinggi pada formulasi P1 (4,02). Fermentasi selama dua hari menghasilkan cairan suspensi yang dinilai lembut, merata, dan menyenangkan saat dikonsumsi. Sebaliknya, proses metabolisme yang terlalu lama pada P2 memicu ketidakseimbangan sistem suspensi yang ditandai dengan munculnya gas berlebih serta pemisahan endapan kasar. Aspek Aroma, Warna, dan Tampilan: Parameter visual warna (3,70) dan tampilan keseluruhan (3,84) pada P1 dinilai menarik karena mempertahankan kesegaran asli bahan. Aroma menjadi parameter dengan skor terendah pada kedua formulasi (P1: 3,28; P2: 3,12) karena munculnya bau khas fermentasi dari asam organik volatil, meskipun penambahan madu hutan telah membantu menyamarkannya.

Fermentasi selama dua hari (P1) menghasilkan tingkat keasaman yang lebih rendah dan seimbang, karena penumpukan asam organik, khususnya asam laktat yang diproduksi oleh bakteri asam laktat, masih berada pada batas yang dapat diterima oleh panelis. Keseimbangan ini diperkuat oleh rasa manis alami dari madu yang mengandung gula sederhana, flavonoid, serta vitamin C dan B, sehingga rasa asam tidak terlalu kuat [10]. Tekstur minuman setelah fermentasi selama dua hari dianggap lebih lembut, merata, dan menyenangkan saat diminum (skor tertinggi 4,02). Peningkatan durasi fermentasi pada P2 menyebabkan munculnya gas, endapan, dan perubahan viskositas yang tidak diuraikan [11].

3.4 Perhitungan Kandungan Gizi Produk

Estimasi zat gizi produk hasil formulasi terbaik (P1) dianalisis menggunakan NutriSurvey 2007. Penilaian didasarkan atas proporsi bahan riil yang masuk ke dalam sistem medium cair, divalidasi oleh literatur komposisi kimia. Rincian profil gizi per sajian produk disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Estimasi total profil zat gizi minuman probiotik per sajian

Komponen Gizi	Nilai Analisis per Sajian	Komponen Gizi Mikro	Nilai Analisis per Sajian
Energy	203.4 kcal	Vit. C	22.8 mg
Carbohydrate	53.3 g	Potassium	185.3 mg
Protein	0.7 g	Calcium	12.4 mg
Fat	0.6 g	Magnesium	21.6 mg
Dietary Fiber	1.8 g	Iron	0.7 mg

Pemasok Makronutrien fungsional: Dalam satu sajian, produk ini mampu menyumbangkan energi sebesar 203,4 kkal dan karbohidrat 53,3 gram. Nilai karbohidrat yang dominan ini tidak hanya menyuplai energi bagi tubuh tetapi juga menjadi media pelindung bagi bakteri probiotik di saluran pencernaan. Kandungan protein (0,7 g) dan lemak (0,6 g) tergolong rendah sehingga menghasilkan karakteristik minuman ringan sehat harian. Kekayaan Zat Gizi Mikro: Produk ini didukung komponen mikronutrien penting, meliputi serat makanan (1,8 g) dan vitamin C tinggi sebesar 22,8 mg per sajian yang didapatkan dari ekstraksi kulit nanas madu. Kandungan mineral esensial seperti kalium (185,3 mg), magnesium (21,6 mg), kalsium (12,4 mg), dan zat besi (0,7 mg) melengkapi densitas gizi produk. Kepadatan zat gizi ini menunjukkan bahwa minuman probiotik kulit nanas-madu memiliki potensi ilmiah yang besar untuk digunakan sebagai alternatif pangan fungsional baru pendukung program intervensi perbaikan gizi masyarakat secara luas.

4. KESIMPULAN

Formulasi yang paling baik untuk produk minuman probiotik adalah formulasi P1, yang merupakan minuman fermentasi yang dibuat dari kulit nanas dan madu, dengan proses fermentasi yang berlangsung selama 2 hari. Formulasi ini menunjukkan tingkat penerimaan sensorik tertinggi dengan nilai rata-rata keseluruhan 3,74 pada skala hedonik 1-5, dan juga memiliki keseimbangan karakteristik fisik serta sensoris yang paling baik dibandingkan dengan formulasi yang diperpanjang durasinya. Produk minuman probiotik yang mengalami proses fermentasi selama 2 hari memenuhi persyaratan gizi utama sebagai makanan fungsional, berdasarkan komposisi energi dan karbohidrat yang berfungsi sebagai sumber energi, serat pangan, vitamin C, serta mineral penting seperti kalium, kalsium, dan zat besi.

5. SARAN

Penting untuk melakukan analisis zat gizi secara langsung melalui pengujian di laboratorium, yang mencakup analisis makronutrien, mikronutrien, serta viabilitas bakteri probiotik, agar dapat memperoleh data kandungan gizi yang lebih tepat dan mencerminkan kondisi produk setelah proses fermentasi. Disarankan agar pengembangan produk selanjutnya meliputi pengujian daya simpan untuk memahami stabilitas mikrobiologis dan kualitas sensoris selama periode penyimpanan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, "Survei Status Gizi Indonesia (SSGI) tahun 2022," Kemenkes RI, Jakarta, Laporan Penelitian, 2022. [Online]. Available: <https://www.badankebijakan.kemkes.go.id/ssgi-2022/>
- [2] C. Hill *et al.*, "Expert consensus document: The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic," *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, vol. 11, no. 8, pp. 506–514, Aug. 2014. [Online]. Available: <https://www.nature.com/articles/nrgastro.2014.102>
- [3] S. Rizal, Suharyono, F. Nurainy, dan Merliyanisa, "Pengaruh Glukosa dan Jahe Merah Terhadap Karakteristik Minuman Probiotik dari Kulit Nanas Madu," *Jurnal Teknologi & Industri Hasil Pertanian*, vol. 25, no. 2, pp. 63–71, Sep. 2020. [Online]. Available: <http://jurnal.fp.unila.ac.id/index.php/JHPT/article/view/4210>
- [4] T. Mala, S. Piayura, dan P. Itthivadhanapong, "Characterization of dried pineapple (*Ananas comosus* L.) peel powder and its application as a novel functional food ingredient in cracker product," *Future Foods*, vol. 9, pp. 1–11, Jun. 2024. [Online].

Available: <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2024.100300>

[5] B. Emmanuella, N. Ijeoma, A. Sunday, O. Ogo, dan I. Ogbene, "Nutritional composition, bioactive compounds and antioxidant potential of pineapple rind flour as functional food ingredient," *Journal of Food Biochemistry*, vol. 49, no. 1, pp. 1–10, Jan. 2025. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1111/jfbc.14500>

[6] M. I. Khalil, S. A. Sulaiman, S. H. Gan, dan M. A. Islam, "Phenolic profile and antioxidant activity of honey: A review," *Journal of Food Composition and Analysis*, vol. 103, p. 104197, Jan. 2022. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.104197>

[7] D. N. Dikmetas, A. A. Koutinas, S. Papanikolaou, dan Y. Kourkoutas, "Recent trends in fermented beverage processing," *Beverages*, vol. 10, no. 1, p. 51, Mar. 2024. [Online]. Available: <https://doi.org/10.3390/beverages10010051>

[8] E. Febriana, N. Widyastuti, dan S. Handayani, "Pengaruh lama waktu fermentasi terhadap karakteristik minuman probiotik," *UNESA Journal of Chemistry*, vol. 11, no. 2, pp. 89–97, Mei 2022. [Online]. Available: <https://journal.unesa.ac.id/index.php/ujc/article/view/1102>

[9] R. A. Baiq, N. Suryani, I. W. A. Putra, dan N. P. R. Lestari, "Effect of fermentation time on quality characteristics of probiotic beverages," *International Journal of Food Science*, vol. 2025, pp. 1–10, Feb. 2025. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1155/2025/534125>

[10] E. Akan, "The Effect of Fermentation Time and Yogurt Bacteria on the Physicochemical, Microbiological and Antioxidant Properties of Probiotic Goat Yogurts," *An Acad Bras Cienc*, vol. 94, no. 3, p. e20210875, Jul. 2022. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1590/0001-376520220210875>

[11] M. M. Betancourt *et al.*, "Effects of Fermentation Conditions on the Physicochemical and Sensory Properties of Plant-Based Yogurts," *LWT - Food Science and Technology*, vol. 230, pp. 110–120, Jan. 2025. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.116500>