Jurnal Pangan dan Gizi
Vol. 16 No. 2, Tahun 2026, Halaman (37-51)

p-ISSN: 2086-6429
e-ISSN: 2656-0291

Review of Traditional Plant-Based Fermented Foods from Indonesia

Tri Nurmaseli[1*], Dwi Indah Permata Sari[1], Harumi Sujatmiko[1], Ina Permata Sari[1], Boby Pranata[1], Onne Akbar Nur Ichsan[1]
Department of Agricultural Product Technology, Sriwijaya University, Palembang, Indonesia
Corresponding author: michelnurmaseli@fp.unsri.ac.id

Riwayat Artikel: Dikirim; 1 Juli 2026 Diterima; 5 Juli 2026 Diterbitkan; 4 November 2026

Abstract

Indonesia has a rich diversity of traditional plant-based fermented foods that serve as cultural heritage and valuable sources of nutrition and functional compounds. This review summarizes the characteristics of major Indonesian fermented foods, including cassava-based products (tapai and peuyeum), glutinous rice-based products (tapai ketan and brem), and fermented durian (tempoyak). Literature from major scientific databases was synthesized to examine fermentation processes, microbial communities, biochemical transformations, nutritional properties, functional potential, food safety, and future research directions. Fermentation is driven by the synergistic activities of lactic acid bacteria, yeasts, and filamentous fungi, which enhance nutrient bioavailability, improve digestability, reduce antinutritional compounds, and generate bioactive metabolites contributing to desirable sensory characteristics and potential health benefits. Despite their promising potential as functional foods, challenges remain in microbial characterization, process standardization, and quality consistency.

***Keywords**: functional foods, Indonesian fermented foods, lactic acid bacteria, plant-based fermentation*

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara dengan keanekaragaman pangan fermentasi tradisional yang sangat tinggi, didukung oleh kekayaan sumber daya hayati, kondisi geografis kepulauan, serta keberagaman budaya yang berkembang di berbagai daerah. Beberapa produk fermentasi berbahan dasar nabati, seperti tempe, tape, oncom, growol, tempoyak, peuyeum, dan aneka produk lokal lainnya telah menjadi bagian penting dari pola konsumsi masyarakat selama berabad-abad. Selain mencerminkan identitas budaya dan kearifan lokal, produk-produk tersebut juga berkontribusi terhadap ketahanan pangan, ekonomi masyarakat, dan pemanfaatan sumber daya pangan lokal secara berkelanjutan (Surya, 2024; Britwum & Demont, 2022).

Fermentasi merupakan proses bioteknologi yang memanfaatkan aktivitas mikroorganisme untuk mengubah bahan baku menjadi produk dengan karakteristik fisik, kimia, dan sensori yang lebih baik. Pada pangan fermentasi berbahan dasar nabati, aktivitas bakteri, kapang, dan khamir menghasillkan berbagai metabolit yang berperan dalam pembentukan cita rasa, aroma, tekstur, serta peningkatan nilai gizi dan umur simpan produk (Marco *et al*., 2021). Selain itu, fermentasi juga mampu meningkatkan bioavailabilitas zat gizi, mensintesis vitamin tertentu, menghasilkan senyawa bioaktif, serta menurunkan kandungan senyawa antinutrisi yang terdapat pada bahan pangan nabati (Dimidi *et al*., 2019). Oleh karena itu, pangan fermentasi semakin mendapat perhatian sebagai salah satu komponen penting dalam sistem pangan yang mendukung kesehatan masyarakat.

Dari perspektif mikrobiologi pangan, produk fermentasi tradisional Indonesia merupakan ekosistem mikroba yang kompleks. Keberhasilan fermentasi ditentukan oleh interaksi berbagai

p-ISSN: 2086-6429
e-ISSN: 2656-0291

kelompok mikroorganisme, seperti bakteri asam laktat, khamir, dan kapang yang bekerja secara sinergis dalam mendegradasi substrat serta menghasilkan metabolit yang menentukan mutu akhir produk (Behera *et al*., 2020). Perkembangan teknologi molekuler, seperti *high-throughput sequencing*, metagenomik, dan metabolomik, telah membuka peluang untuk mengidentifikasi komposisi komunitas mikroba, dinamika fermentasi, serta hubungan antara mikroorganisme dengan pembentukan senyawa fungsional dan karakteristik sensori produk fermentasi (Tamang *et al*., 2016; Santhosh Nair *et al*., 2025).

Berdasarkan kondisi terebut, artikel tinjauan ini bertujuan untuk menyajikan sintesis komprehensif mengenai produk pangan fermentasi tradisional berbahan dasar nabati di Indonesia. Tinjauan ini membahas klasifikasi berbagai produk fermentasi, bahan baku, dan proses produksinya, komunitas mikroba yang berperan selama fermentasi, perubahan biokimia dan metabolik yang terjadi, manfaat nutris dan sifat fungsional, aspek keamanan pangan, serta tantangan dan peluang pengembangan di masa depan.

METODE

Artikel ini disusun menggunakan pendekatan *narrative review* untuk memberikan gambaran komprehensif mengenai produk pangan tradisional fermentasi berbahan dasar nabati di Indonesia. Literatur yang digunakan diperoleh melalui penelusuran berbagai basis data ilmiah, yaitu Web of Science, Scopus, ScienceDirect, PubMed, dan Google Scholar. Pencarian dilakukan menggunakan kombinasi kata kunci antara lain "*Indonesian traditional fermented foods*", "*plant-based fermented foods*", "*food fermentation*", "*food microbiology*", *lactic acid bacteria*", dan kata kunci terkait lainnya.

Literatur yang dipilih merupakan artikel ilmiah *peer-reviewed* yang membahas produk fermentasi tradisional berbahan dasar nabati di Indonesia, khususnya terkait aspek mikrobiologi, aspek fermentasi, perubahan biokimia, karakteristik nutrisi, sifat fungsional, dan keamanan pangan. Selain artikel penelitian asli, beberapa artikel tinjauan yang relevan juga digunakan untuk memberikan konteks dan memperkuat pembahasan. Sumber yang tidak relevan dengan topik atau tidak berasal dari publikasi ilmiah tidak disertakan dalam kajian ini.

Informasi yang diperoleh dari literatur dianalisis dan disintesis secara naratif dengan mengelompokkan pembahasan berdasarkan jenis produk fermentasi, bahan baku, mikroorganisme yang berperan, perubahan biokimia selama fermentasi, manfaat fungsional, serta aspek keamanan pangan. Pendekatan ini digunakan untuk memberikan gambaran menyeluruh mengenai perkembangan penelitian, karakteristik produk fermentasi berbahan dasar nabati di Indonesia, serta peluang pengembangan dan arah penelitian di masa mendatang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Produk pangan fermentasi berbasis nabati

Produk pangan fermentasi berbahan dasar nabati merupakan hasil bioproses yang memanfaatkan aktivitas mikroorganisme untuk mengubah bahan baku nabati menjadi produk dengan karakteristik fisik, kimia, sensori, dan nutrisi yang lebih baik. Berbagai bahan pangan nabati seperti serealia, umbi-umbian, kacang-kacangan, sayuran, dan buah-buahan, dapat digunakan sebagai substrat fermentasi karena mengandung karbohidrat dan nutrien yang mendukung pertumbuhan mikroorganisme. Di Indonesia, keragaman sumber daya hayati dan praktik fermentasi tradisional telah menghasilkan berbagai produk fermentasi khas yang memiliki nilai budaya, ekonomi, dan gizi yang tinggi.

Penelitian terkini memprioritaskan peningkatan efisiensi produksi untuk memperluas pasokan pangan sekaligus meminimalkan beban lingkungan. Studi

p-ISSN: 2086-6429
e-ISSN: 2656-0291

pemodelan memperkirakan bahwa transisi diet tanpa konsumsi produk hewani dapat memberikan manfaat lingkungan substansial, dengan perkiraan pengurangan penggunaan lahan sekitar 76% dan emisi gas rumah kaca sebesar 49% (Poore & Nemecek, 2018). Oleh karena itu, substitusi produk hewani dengan alternatif berbasis tumbuhan diusulkan sebagai strategi mitigasi yang praktis. Karakteristik organoleptik yang menggugah selera menjadi penentu keberhasilan produk berbasis nabati, fermentasi merupakan teknik realistis untuk mencapai peningkatan tekstur dan citarasa (Goksen *et al*., 2023).

Substrat dari tumbuhan mendasari berbagai macam makanan dan minuman fermentasi. Produk fermentasi berbasis nabati lebih disukai karena kualitas nutrisi yang meningkat, kecernaan yang lebih baik, dan penurunan faktor antinutrisi dibandingkan dengan produk non-fermentasi (Cakmak *et al*., 2025; Surono, 2016). Reduksi senyawa toksik, antinutrien, dan komponen alergi dalam makanan fermentasi terjadi melalui berbagai mekanisme yang terkait dengan fermentasi. Salah satu prosesnya adalah perendaman, di mana banyak faktor antinutrisi yang larut dalam air terelusi, sehingga meningkatkan keamanan dan kualitas nutrisi produk akhir (Mehak *et al*., 2021). Metabolisme mikroba selama fermentasi dapat melibatkan aktivitas enzimatik yang memodifikasi atau mendegradasi senyawa toksik. Misalnya, *Saccharomyces cerevisiae* dilaporkan dapat melakukan biotransformasi mikotoksin patulin menjadi senyawa yang kurang toksik (asadiol) selama proses fermentasi (Moss & Long, 2002).

Makanan fermentasi berbasis nabati dapat berasal dari kacang-kacangan, sumber pati, sayuran, maupun buah. Di Indonesia, makanan fermentasi tradisional berbasis nabati banyak menggunakan singkong sebagai bahan baku. Menurut FAO (2015), singkong merupakan salah satu komoditas perkebunan terbesar di antara 11 produk agrikultural di Indonesia. Kendati demikian, singkong memiliki kelemahan seperti kandungan senyawa antinutrisi (glikosida sianogenik yang menghasilkan HCN) dan kandungan protein yang relatif rendah (Hawashi *et al*., 2020). Fermentasi berperan sebagai metode bioproses yang efektif untuk memperkaya mutu gizi sekaligus mendetoksifikasi singkong, terutama dengan mengkonversi glikosida sianogenik menjadi bentuk non-toksik sehingga kadar HCN berkurang menjadi aman untuk dikonsumsi (Erfisa *et al*., 2022).

Mikroorganisme dan kultur starter dalam pangan fermentasi berbasis nabati

Keberhasilan fermentasi pangan berbahan dasar nabati sangat ditentukan oleh aktivitas dan interaksi komunitas mikroorganisme, terutama bakteri asam laktat (BAL), khamir, dan kapang. Selama fermentasi, mikroorganisme tersebut berperan dalam menghidrolisis substrat, menghasilkan asam organik, alkohol, enzim, vitamin, dan senyawa volatil yang berkontribusi terhadap pembentukan cita rasa, tekstur, nilai gizi, serta umur simpan produk fermentasi (Fatima, 2025). Pada fermentasi tradisional, proses umumnya berlangsung secara spontan melalui mikroorganisme indigenous yang berasal dari bahan baku, lingkungan, maupun peralatan yang digunakan. Namun, perkembangan teknologi fermentasi telah mendorong penggunaan kultur starter terpilih untuk meningkatkan keamanan pangan, mempercepat fermentasi, menghasilkan mutu yang lebih konsisten, dan memperkuat karakteristik fungsional produk (Sionek *et al*., 2023).

Fermentasi berbasis nabati menyediakan matriks sesuai untuk memperkenalkan galur probiotik dan dapat menghasilkan atau mempertahankan senyawa bioaktif termasuk karbohidrat prebiotik seperti *resistant starch*, fruktooligosakarida (FOS), xilooligosakarida (XOS), dan *pectic oligosaccharides* (POS), yang berpotensi

p-ISSN: 2086-6429
e-ISSN: 2656-0291

bekerja secara sinergis dengan mikroorganisme probiotik dalam meningkatkan manfaat kesehatan produk akhir (Sionek *et al*., 2023)

Berbagai produk fermentasi tradisional Indonesia memiliki komunitas mikroba yang khas sesuai dengan jenis substrat dan kondisi fermentasinya. Pada fermentasi tapai dan peuyeum, kapang seperti *Aspergillus rouxii* dan *Cunninghamella beverwijkae* berperan dalam menghidrolisis pati menjadi gula sederhana, yang selanjutnya difermentasi oleh *Saccharomyces cerevisiae* menjadi etanol. Selain itu, *Wickerhamomyces anomalus* dan beberapa spesies *Candida* berkontribbusi terhadap pembentukan ester dan senyawa volatil yang menghasilkan aroma khas produk fermentasi. Sementara itu, fermentasi tempoyak didominasi oleh berbagai spesies BAL seperti *Lactiplantibacillus plantarum, Limosilactobacillus fermentum, Pediococcus acidilactici, Lacticaseibacillus curvatus*, dan *Lauconostoc mesenteroides* (Reli *et al*., 2017; Erfisa *et al*., 2022). Penelitian lain juga melaporkan keberadaan *Lactobacillus kefiri* dan *Lentilactobacillus buchneri* pada tempoyak asal Sumatera Selatan (Soleha & Hanifa, 2024). Keberagaman komunitas mikroba tersebut menjadi faktor utama yang menentukan karakteristik sensori, mutu, dan potensi fungsional setiap produk fermentasi tradisional Indonesia.

Tabel 1. Komunitas mikroba pada pangan fermentasi berbasis nabati di Indonesia

Products	Origin	Microorganisms	Reference
Tapai	Jwa Tengah	*Amylomyces rouxii*, *Rhizopus oryzae*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Endomycopsis burtonii*, *Wickerhamomyces anomalus*, *Lactobacillus plantarum*, *Leuconostoc mesenteroides*, *Pediococcus acidilactici, L. brevis*, *Candida* spp.	Jayanti *et al*., 2024; Barus *et al*., 2022; Tharmabalan *et al.,* 2025
Peuyeum	Jawa Barat	*Amylomyces rouxii*, *Cunninghamella beverwijkae*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Wickerhamomyces anomalus*, *Lactobacillus* spp.	Cempaka, 2021
Brem	Madiun, Jawa Timur	*Saccharomyces cerevisiae, Amylomyces rouxii,*	Ardhana & Fleet, 1989
Tempoyak	Sumatera Selatan	*Lactobacillus plantarum, Lactobacillus fermentum, P. acidilactici, L. culvatus, L. Mesenteroides, Lactobacillus sp., Lactobacillus kefri, and Lentilactobacillus buchneri*	Reli *et al*., 2017; Erfisa *et al*., 2022; Soleha & Hanifa, 2024

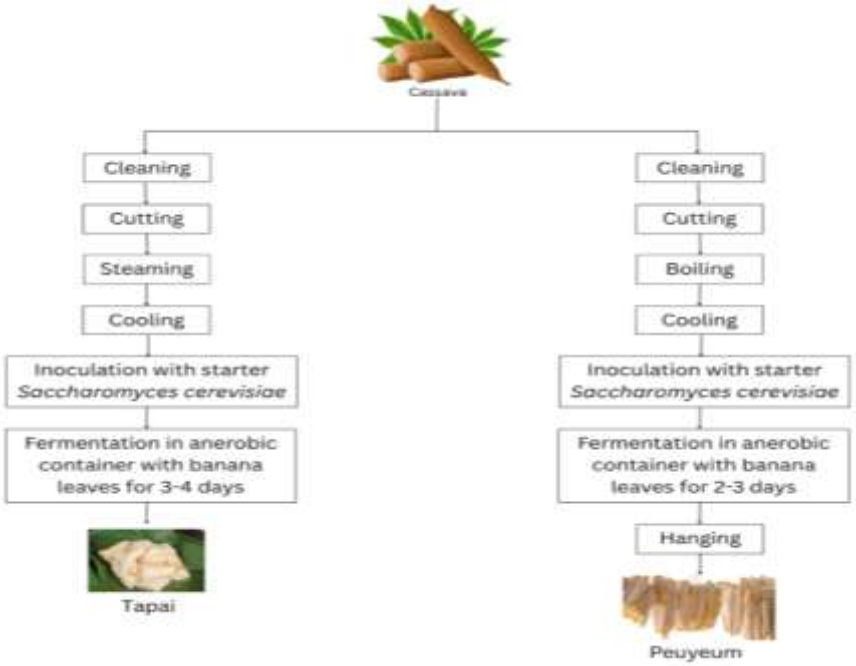
Produk fermentasi berbasis singkong

Singkong (*Manihot esculenta Crantz*) merupakan salah satu sumber karbohidrat utama di Indonesia dan banyak dimanfaatkan sebagai bahan pangan, terutama di beberapa wilayah seperti Papua. Umbi singkong megandung bahan kering sekitar 20-40%, dengan pati sebagai komponen utama yang mencapai 70-90% dari total bahan kering (Yang *et al*., 2025). Kandungan pati yang tinggi menjadikan singkong sebagai substrat yang sesuai untuk proses fermentasi karena dapat dimanfaatkan oleh mikroorganisme sebagai sumber karbon selama metabolisme.

p-ISSN: 2086-6429
e-ISSN: 2656-0291

Meskipun memiliki nilai ekonomi dan potensi sebagai bahan baku pangan yang tinggi, singkong juga mengandung glikosida sianogenik yang secara alami berfungsi sebagai mekanisme pertahanan tanaman terhadap hama (Gleadow & Møller, 2014). Senyawa ini dapat dihidrolisis oleh enzim β-glikosidase sehingga menghasillkan hidrogen sianida (HCN) yang bersifat toksik apabila dikonsumsi dalam jumlah berlebihan. Fermentasi merupakan salah satu metode pengolahan yang efektif untuk menurunkan kadar glikosida sianogenik dan HCN melalui aktivitas enzimatik mikroorganisme, sehingga meningkatkan keamanan produk berbahan dasar singkong (Bradbury & Denton, 2010).

Di Indonesia, tapai singkong dan peuyeum merupakan produk fermentasi tradisional berbahan dasar singkong yang paling terkenal. Selama fermentasi, pati dihidrolisis menjadi gula sederhana yang selanjutnya difermentasi oleh khamir menjadi etanol, karbon dioksida, dan berbagai senyawa volatil yang membentuk aroma serta cita rasa khas produk (Maida & Mustakim, 2025). Selain meningkatkan karakteristik sensori, fermentasi juga berkontribusi terhadap peningkatan kecernaan, nilai gizi, dan potensi fungsional singkong melalui aktivitas metabolik komunitas mikroorganisme yang terlibat dalam proses fermentasi (Pamungkas *et al*., 2024)



Gambar 1. Diagram alir proses pembuatan produk fermentasi berbasis singkong

Tapai

Tapai (juga dikenal sebagai tape atau tapeh) merupakan salah satu pangan fermentasi tradisional Indonesia yang dibuat dari substrat berpati, terutama singkong (*Manihot esculenta Crantz*) dan beras ketan (*Oryza sativa* var. *glutinosa*). Berdasarkan bahan bakunya, tapai dibedakan menjadi tapai singkong dan tapai ketan, yang keduanya diproduksi secara luas di berbagai daerah di Indonesia sebagai makanan siap konsumsi maupun bahan baku berbagai produk olahan. Proses fermentasi dilakukan dengan menginokulasikan substrat yang telah dimasak menggunakan ragi tapai, yaitu kultur starter tradisional yang mengandung kapang, khamir, dan bakteri asam laktat (BAL). Komunitas mikroba tersebut bekerja secara sinergis menghidrolisis pati menjadi gula sederhana, kemudian mengubahnya menjadi etanol, asam organik, dan berbagai senyawa volatil yang membentuk cita rasa,

p-ISSN: 2086-6429
e-ISSN: 2656-0291

aroma, dan tekstur khas tapai (Jayanti *et al*., 2024).

Pada tahap awal fermentasi, kapang amilolitik seperti *Amylomyces rouxii* dan *Rhizopus oryzae* menghasilkan enzim amilase yang menghidrolisis pati menjadi gula sederhana. Gula tersebut selanjutnya difermentasi oleh khamir, terutama *Saccharomyces cerevisiae* menjadi etanol dan karbondioksida, sedangkan BAL menghasilkan asam organik yang menurunkan pH dan berkontribusi terhadap stabilitas mikrobiologis produk. Selain *S. cerevisiae*, beberapa khamir lain seperti *Endomycopsis burtonii* dan *Wickerhamomyces anomalus* juga dilaporkan berperan dalam pembentukan senyawa aroma. Analisis metagenomik pada tapai singkong Indonesia menunjukkan bahwa komunitas bakteri didominasi oleh kelompok BAL, terutama *Pediococcus acidilactici*, diikuti oleh *Weisella, Lactobacillus*, dan *Sporolactobacillus* yang berperan penting dalam pembentukan karakteristik sensori dan mutu produk (Barus *et al*., 2022).

Fermentasi singkong menyebabkan perubahan komposisi kimia yang signifikan. Selama fermentasi, mikroorganisme memanfaatkan gula sederhana sebagai sumber energi sehingga kandungan karbohidrat menurun dibandingkan singkong segar (Helsius *et al*., 2023). Proses fermentasi juga meningkatkan pembentukan *resistant starch*, terutama RS3 (*retrograded starch*), yang berkontribusi terhadap peningkatan serat pangan dan berpotensi memberikan efek prebiotik. Selain itu, fermentasi dilaporkan meningkatkan bioavailabilitas vitamin dan mineral, memperbaiki kecernaan protein, serta menurunkan kadar glikosida sianogenik dan tanin melalui aktivitas enzimatik mikroorganisme (Tharmabalan *et al*., 2025). Fermentasi juga meningkatkan kandungan berbagai senyawa bioaktif, termasuk senyawa fenolik, flavonoid, asam laktat, asam asetat, dan bakteriosin yang dihasilkan oleh bakteri asam laktat (Tengku & Fatin, 2021). Senyawa-senyawa tersebut berkontribusi terhadap aktivitas antioksidan dan antimikroba produk serta berpotensi mendukung kesehatan saluran pencernaan melalui modulasi mikrobiota usus. Namun, mekanisme biologis yang mendasari manfaat tersebut masih memerlukan pembuktian lebih lanjut melalui penelitian *in vivo* dan uji klinis.

Tapai mengandung etanol sebagai hasil fermentasi gula oleh khamir, terutama *Saccharomyces cerevisiae*. Kandungan etanol meningkat seiring bertambahnya waktu fermentasi (Laili *et al*., 2022). Pada umumnya, fermentasi selama 48–72 jam pada suhu ruang menghasilkan mutu sensoris yang optimal, ditandai dengan rasa manis yang seimbang dengan sedikit rasa asam, aroma alkohol yang ringan, serta tekstur yang masih lunak dan disukai konsumen. Fermentasi yang berlangsung lebih lama menyebabkan peningkatan kadar etanol dan asam organik sehingga menghasilkan cita rasa yang lebih asam, aroma alkohol yang lebih kuat, dan penurunan tingkat penerimaan sensoris. Oleh karena itu, pengendalian waktu fermentasi, kualitas ragi, serta penerapan higiene dan sanitasi selama proses produksi menjadi faktor penting untuk menjamin mutu dan keamanan tapai.

Tabel 2. Mikroorganisme dominan dan perannya selama fermentasi tapai

Kelompok mikroorganisme	Species dominan	Peran utama dalam fermentasi	Metabolit/hasil utama
Kapang amilolitik	*Amylomyces rouxii*	Menghidrolisis pati menjadi gula sederhana melalui produksi enzim amilase	Glukosa, maltosa

p-ISSN: 2086-6429
e-ISSN: 2656-0291

Kapag amilolitik	*Rhizopus oryzae*	Sakarifikasi pati dan membantu pembentukan substrat bagi khamir	Gula sederhana
Khamir	*Saccharomyces cerevisiae*	Memfermentasi gula menjadi etanol dan CO_2	Etanol, CO_2, senyawa volatil
Khamir	*Endomycopsis burtonii*	Berkontribusi pada fermentasi alkohol dan pembentukan cita rasa	Etanol, senyawa aroma
Khamir	*Wickerhamomyces anomalus*	Menghasilkan ester dan senyawa volatil penyusun aroma tapai	Ester, alkohol volatil
Bakteri asam laktat	*Pediococcus acidilactici*	Menghasilkan asam laktat dan menurunkan pH produk	Asam laktat, bakteriosin
Bakteri asam laktat	*Weisella* spp.	Berkontribusi terhadap pembentukan cita rasa dan stabilitas fermentasi	Asam organik
Bakteri asam laktat	*Lactobacillus* spp.	Produksi asam organik dan peningkatan keamanan mikrobiologis	Asam laktat
Bakteri asam laktat	*Sporolactobacillus* spp.	Berperan dalam fermentasi asam laktat	Asam laktat



Gambar 2. Proses pembuatan tapai

Peuyeum

Peuyeum merupakan salah satu produk fermentasi tradisional berbahan dasar singkong yang berasal dari Jawa Barat dan menjadi bagian penting dari warisan kuliner masyarakat Sunda. Meskipun sering disamakan dengan tapai singkong, peuyeum memiliki karakteristik yang berbeda, yaitu tekstur yang lebih padat dan kenyal, kadar air yang lebih rendah, serta cita rasa manis dengan sedikit asam dan aroma alkohol yang lebih ringan. Perbedaan tersebut dipengaruhi oleh formulasi ragi, lama fermentasi, serta kondisi pengolahan yang berkembang secara khas di masing-masing daerah (Cempaka, 2021). Secara umum, peuyeum menggunakan kultur starter tradisional yang sama dengan tapai, yaitu ragi tapai yang mengandung kapang, khamir, dan bakteri asam laktat. Namun, komposisi relative mikroorganisme dalam ragi dapat bervariasi bergantung pada asal starter dan metode pembuatannya. Proses fermentasi peuyeum juga berbeda dengan tapai singkong, dimana peuyeum difermentasi secara aerob dengan bahan baku singkong utuh yang digantung, sedangkan tapai singkong difermentasi secara semi-anaerob, menggunakan wadah yang ditutup, umunya dengan daun pisang.

p-ISSN: 2086-6429
e-ISSN: 2656-0291

Proses fermentasi peuyeum diawali dengan hidrolisis pati oleh kapang amilolitik, seperti *Amylomyces rouxii* dan *Cunninghamella beverwijkae* yang menghasillkan gula sederhana sebagai substrat bagi khamir. Selanjutnya, *Saccharomyces cerevisiae* memfermentasi gula menjadi etanol dan karbon dioksida, sedangkan *Wickerhamomyces anomallus* berperan dalam pembentukan ester dan senyawa volatil yang memberikan aroma khas produk. Selama fermentasi, bakteri asam laktat, terutama *Lactobacillus* spp., Bersama bakteri asam asetat menghasilkan asam organik yang menurunkan pH serta berkontribusi terhadap pembentukan cita rasa dan tekstur peuyeum (Cempaka, 2021).

Fermentasi menyebabkan perubahan biokimia yang meningkatkan mutu peuyeum. Aktivitas mikroorganisme menghidrolisis pati menjadi gula sederhana yang selanjutnya dimanfaatkan sebagai sumber energi, sehingga mengubah komposisi karbohidrat produk. Selain itu, fermentasi dilaporkan meningkatkan bioavailabilitas zat gizi, kandungan senyawa fenolik dan aktivitas antioksidan, serta menurunkan kadar glikosida sianogenik dan senyawa antinutrisi lainnya (Helsius *et al.*, 2023; Cempaka, 2021). Kehadiran bakteri asam laktat juga menunjukkan potensi fungsional, meskipun manfaat probiotiknya masih memerlukan pembuktian melalui studi klinis yang lebih komprehensif.

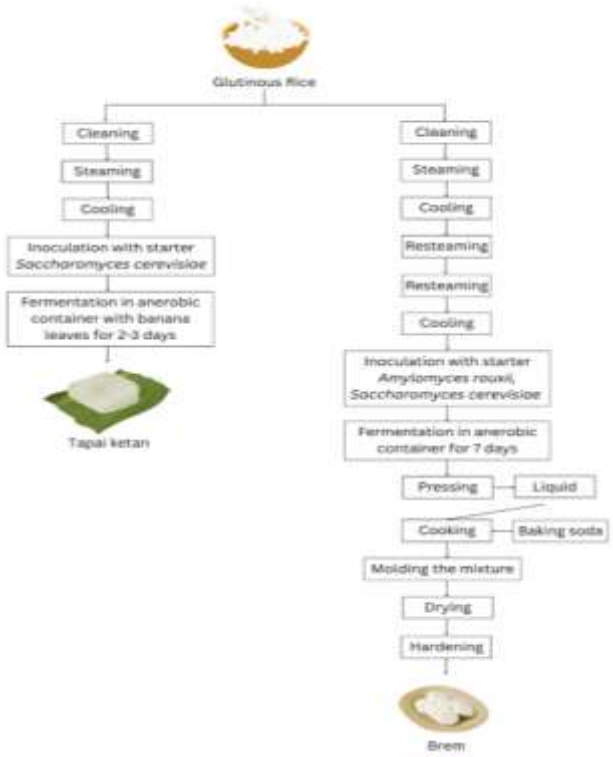
Tabel 3. Perbedaan karakteristik tapai singkong dan peuyeum

Karakteristik	Tapai singkong	Peuyeum
Daerah utama	Berbagai wilayah di Indonesia	Jawa Barat
Bahan baku	Singkong	Singkong
Kultur starter	Ragi tapai	Ragi Tapai
Tekstur	Lunak dan berair	Lebih padat dan kenyal
Rasa	Manis, sedikit asam	Manis, sedikit asam, aroma lebih ringan
Mikroorganisme dominan	*Amylomyces, Saccharomyces*, BAL	*Amylomyces, Saccharomyces*, BAL
Produk olahan	Minuman, kue, *dessert*	Colenak, peuyeum goreng, kolak

Produk fermentasi berbasis beras ketan

Beras ketan (*Oryza sativa* var. *glutinosa*) merupakan salah satu substrat utama dalam berbagai pangan fermentasi tradisional Indonesia, seperti tapai ketan dan brem. Kandungan pati yang tingg, terutama amilopektin, menjadikan beras ketan sebagai substrat yang ideal bagi mikroorganisme fermentatif. Selama fermentasi, kapang amilolitik menghidrolisis pati menjadi gula sederhana yang selanjutnya difermentasi oleh khamir menjadi etanol, sedangkan bakteri asam laktat menghasilkan asam organik yang berperan dalam pembentukan cita rasa, aroma, serta peningkatan stabilitas mikrobiologis produk (Tamang *et al.*, 2020). Selain meningkatkan karakteristik sensori, fermentasi juga memperbaiki kecernaan pati, meningkatkan bioavailabilitas beberapa zat gizi, dan menghasilkan berbagai metabolit bioaktif yang berkontribusi terhadap potensi fungsional pangan fermentasi berbasis beras ketan (Marco *et al.*, 2017).

p-ISSN: 2086-6429
e-ISSN: 2656-0291



Gambar 3. Diagram alir proses pembuatan produk fermentasi berbasis beras ketan

Brem

Brem merupakan salah satu produk fermentasi tradisional berbahan dasar beras ketan (*Oryza sativa* var. *glutinosa*) yang dikenal dalam dua bentuk, yaitu brem padat yang berasal dari Madiun, Jawa Timur, dan brem cair yang merupakan produk khas Bali. Pembuatan brem diawali dengan fermentasi beras ketan menggunakan ragi tapai sehingga menghasilkan tapai ketan. Selanjutnya, hasil fermentasi dipisahkan menjadi fraksi cair dan padat. Pada pembuatan brem padat, fraksi cair dipanaskan dan dikeringkan hingga membentuk produk bertekstur rapuh dengan cita rasa manis, sedikit asam, dan aroma fermentasi yang khas (Ariati *et al*., 2023; Khaira *et al*., 2001).

Karakteristik brem ditentukan oleh aktivitas konsorsium mikroorganisme yang terdapat dalam ragi tapai. Kapang amilolitik, seperti *Amylomyces rouxii*, menghasilkan enzim yang menghidrolisis pati menjadi gula sederhana, sedangkan *Saccharomyces cerevisiae* memfermentasi gula tersebut menjadi etanol dan karbon dioksida. Selain itu, bakteri asam laktat menghasilkan asam organik yang berkontribusi terhadap penurunan pH, pembentukan cita rasa, serta peningkatan stabilitas mikrobiologis produk (Ardhana, 1989). Interaksi sinergis antara kapang, khamir, dan bakteri menghasilkan karakteristik sensori yang khas pada brem, baik dalam bentuk padat maupun cair.

Fermentasi juga menyebabkan perubahan komposisi kimia beras ketan. Selain menghasilkan gula sederhana, etanol, dan asam organik, proses fermentasi meningkatkan pembentukan vitamin kelompok B, senyawa fenolik, serta berbagai metabolit volatil yang berkontribusi terhadap aroma produk. Beberapa penelitian melaporkan bahwa brem padat memiliki aktivitas antioksidan, sedangkan brem cair masih mengandung berbagai senyawa bioaktif hasil fermentasi yang berpotensi memberikan manfaat fungsional (Irene *et al*., 2024; Muttaqin *et al*., 2025).

p-ISSN: 2086-6429
e-ISSN: 2656-0291

Meskipun demikian, kandungan alkohol pada brem cair serta variasi mutu akibat proses fermentasi tradisional masih menjadi tantangan dalam pengembangan produk secara lebih luas. Oleh karena itu, standardisasi kultur starter dan pengendalian proses fermentasi diperlukan untuk menghasilkan produk yang lebih konsisten, aman, dan memiliki mutu yang terjamin (Ariati *et al*., 2023).

Produk fermentasi berbasis durian

Buah durian (*Durio zibethinus* Murr.) merupakan salah satu komoditas tropis yang banyak dimanfaatkan sebagai bahan baku pangan fermentasi tradisional, terutama tempoyak. Kandungan gula sederhana, vitamin, dan mineral pada daging buah durian menyediakan substrat yang mendukung pertumbuhan bakteri asam laktat selama fermentasi. Proses fermentasi berlangsung secara spontan dengan dominasi bakteri asam laktat yang mengonversi gula menjadi asam laktat dan asam organik lainnya, sehingga menurunkan pH, memperpanjang umur simpan, serta membentuk cita rasa dan aroma khas tempoyak (Leisner *et al*., 2001; Juliyarsi *et al*., 2018). Selain meningkatkan stabilitas produk, fermentasi juga menghasilkan berbagai metabolit bioaktif dan mempertahankan potensi fungsional tempoyak, sehingga produk ini berpotensi dikembangkan sebagai pangan fermentasi tradisional dengan nilai gizi dan manfaat kesehatan yang lebih baik (Chen *et al*., 2017; Anggadhania *et al*., 2023).

Tempoyak

Tempoyak merupakan produk fermentasi tradisional yang dibuat dari daging buah durian (*Durio zibethinus* Murr.) dan banyak dikonsumsi oleh masyarakat Melayu di Sumatra, khususnya Sumatera Selatan, Jambi, Lampung, dan Sumatera Barat. Produk ini juga dikenal di beberapa wilayah Malaysia sebagai bagian dari tradisi kuliner Melayu. Fermentasi spontan oleh bakteri asam laktat menghasilkan cita rasa manis-asam yang khas sekaligus memperpanjang umur simpan buah durian yang mudah rusak (Haruminori *et al*., 2018; Anggadhania *et al*., 2023).

Pembuatan tempoyak diawali dengan pemisahan daging buah durian matang dari bijinya, kemudian dicampur dengan garam sekitar 2–3% (b/b) dan difermentasi dalam wadah tertutup pada suhu ruang selama 3–7 hari. Pada beberapa daerah, gula atau rempah-rempah ditambahkan untuk memperkaya cita rasa, meskipun tidak termasuk komponen utama formulasi (Haruminori *et al*., 2018; Hendri *et al*., 2021). Selama fermentasi, komunitas bakteri asam laktat berkembang dan mendominasi proses, terutama *Lactiplantibacillus plantarum*, *Leuconostoc mesenteroides*, dan *Streptococcus thermophilus*. Mikroorganisme tersebut memfermentasi gula alami durian menjadi asam laktat dan asam organik lainnya sehingga menurunkan pH, menghambat pertumbuhan mikroorganisme pembusuk, serta membentuk aroma dan cita rasa khas tempoyak (Aisyah *et al*., 2014; Juliyarsi *et al*., 2018).

Fermentasi menyebabkan perubahan biokimia yang meningkatkan stabilitas dan mutu produk. Selain pembentukan asam organik, proses fermentasi mempertahankan sebagian besar mineral dan vitamin kelompok B, meskipun kandungan vitamin C mengalami penurunan. Aktivitas metabolik bakteri juga menghasilkan berbagai metabolit bioaktif yang berkontribusi terhadap karakteristik sensori serta potensi fungsional tempoyak (Aziz & Jalil, 2019; Rahma *et al*., 2021).

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa tempoyak merupakan sumber bakteri asam laktat dengan potensi probiotik. Isolat *Lactiplantibacillus plantarum* dari tempoyak dilaporkan memiliki toleransi terhadap kondisi saluran pencernaan, aktivitas antibakteri terhadap bakteri patogen, serta kemampuan menghasilkan eksopolisakarida (EPS) yang berpotensi mendukung kesehatan usus (Chen *et al*., 2017; Damayanti *et al*., 2025). Selain itu,

p-ISSN: 2086-6429
e-ISSN: 2656-0291

beberapa penelitian *in vitro*menunjukkan adanya aktivitas antiproliferatif terhadap sel kanker kolorektal, meskipun manfaat tersebut masih memerlukan pembuktian melalui penelitian *in vivo* dan uji klinis. Dengan karakteristik mikrobiologinya yang khas, tempoyak tidak hanya memiliki nilai budaya sebagai warisan kuliner masyarakat Melayu, tetapi juga berpotensi dikembangkan sebagai pangan fermentasi fungsional berbasis bakteri asam laktat.

KESIMPULAN

Makanan fermentasi berbasis nabati di Indonesia merupakan persilangan kaya antara budaya, nutrisi, dan fungsionalitas yang digerakkan oleh mikroba. Tinjauan ini menunjukkan bahwa konsorsium beragam bakteri, ragi, dan kapang filamen mendasari transformasi biokimia penting yang mengurangi antinutrien, meningkatkan kecernaan, dan menghasilkan metabolit bioaktif yang terkait dengan efek antioksidan, antitiensi, dan mirip probiotik. Meskipun terdapat potensi fungsional yang jelas, karakterisasi pada tingkat galur, pengolahan yang terstandar, dan data keamanan mikrobiologis yang kuat masih terbatas sehingga membatasi pengembangan skala besar yang berbasis bukti. Penelitian di masa depan sebaiknya memprioritaskan pendekatan integratif yang menggabungkan mikrobioma resolusi tinggi, metabolomika, percobaan fermentasi terkontrol, dan wawasan etnobiologis untuk menjelaskan mekanisme manfaat kesehatan sambil menghormati identitas sensoris dan budaya. Penguatan penilaian keamanan, standarisasi proses, dan inovasi yang melibatkan komunitas akan memungkinkan pengembangan bertanggung jawab dari makanan tradisional ini menjadi produk fungsional berkelanjutan yang memberi manfaat pada kesehatan masyarakat dan mata pencaharian lokal.

DAFTAR PUSTAKA

Ahmad, A., Yap, W.B., Kofli, N.T, & Ghazali, A.R. (2018). Probiotic potentials of *Lactobacillus plantarum* isolated from fermented durian (Tempoyak), a Malaysian traditional condiment. *Food Sci Nutr.*, 6(6), 1370–1377. https://10.1002/fsn3.672

Aisyah, A., Kusdiyantini, E., & Suprihadi, A. (2014). Isolasi, karakterisasi bakteri asam laktat, dan analisis proksimat dari pangan fermentasi "tempoyak". *Jurnal Biologi*, *3*(2), 31–39.

Anggadhania, L., Setiarto, R. H. B., Yusuf, D., Anshory, L., & Royyani, M. F. (2023). Exploring tempoyak, fermented durian paste, a traditional Indonesian indigenous fermented food: typical of Malay tribe. In *Journal of Ethnic Foods,* 10(42), 1-13. https://doi.org/10.1186/s42779-023-00206-2

Ardhana, M. (1989). The microbial ecology of tape ketan fermentation. *International Journal of Food Microbiology*, *9*(3), 157–165. https://doi.org/10.1016/0168-1605(89)90086-X

Ariati, N., Suaniti, N., & Darma Yanti, N. (2023). Kadar alkohol dalam brem beras ketan putih dan hitam pada berbagai dosis ragi dan lama fermentasi. *Jurnal Kimia*, 111-117.

Aziz, N. A. A., & Jalil, A. M. M. (2019). Bioactive compounds, nutritional value, and potential health benefits of indigenous durian (Durio zibethinus Murr.): A review. *Foods*, *8*(3). https://doi.org/10.3390/FOODS8030096

Becuț, A. G., & Puerto, K. L. (2017). Introduction. Food history and identity: Food and eating practices as elements of cultural heritage, identity and social creativity. *International Review of Social Research*, 7(1), 1-4. https://doi.org/10.1515/irsr-2017-0001.

Behera, S. S., El Sheikha, A. F., Hammami, R., & Kumar, A. (2020). Traditionally fermented pickles: How the microbial diversity associated with their nutritional and health benefits? *Journal*

p-ISSN: 2086-6429
e-ISSN: 2656-0291

of Functional Foods, *70*, 103971. https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.103971

Bradbury, J. H., & Denton, I. C. (2010). Simple method to reduce the cyanogen content of gari made from cassava. *Food Chemistry*, *123*(3), 840–845. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.05.020

Britwum, K., & Demont, M. (2022). Food security and the cultural heritage missing link. *Global Food Security*, *35*, 100660. https://doi.org/10.1016/j.gfs.2022.100660

Cakmak, H., Düven, G., Gultekin Subasi, B., Ilyasoglu Buyukkestelli, H., Bravo-Núñez, Á., Ozyurt, V. H., Sogut, E., & Simsek, S. (2025). Plant-based fermented foods: General concepts, improvement of the quality, metabolites, and health-related functions. *Food Bioscience*, *69*, 106960. https://doi.org/10.1016/j.fbio.2025.106960

Cempaka, L. (2021). Peuyeum: Fermented cassava from Bandung, West Java, Indonesia. *Journal of Ethnic Foods*, *8*(1), 3. https://doi.org/10.1186/s42779-021-00079-3

Chen, Z. Y., Hsieh, Y. M., Huang, C. C., & Tsai, C. C. (2017). Inhibitory effects of probiotic *Lactobacillus* on the growth of human colonic carcinoma cell line HT-29. *Molecules*, *22*(1). https://doi.org/10.3390/molecules22010107

Damayanti A.A., Pujiyanti, A.S. & Dharma, B. (2025). Tinjauan pustaka: fermentasi durian, tempoyak sebagai pangan fungsional berbasis lokal. *Bioprospek: J Ilm Biol.*, 17(1), 35-41. https://doi.org/10.30872/bp.v17i1.1552

Reli, R., Warsiki, E. & Rahayyuningsih, M. (2017). Modifikasi pengolahan durian fermentasi (tempoyak) dan perbaikan kemasan untuk mempertahankan mutu dan memperpanjang umur simpan. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 27(1), 43-54.

Dimidi, E., Cox, S., Rossi, M., & Whelan, K. (2019). Fermented foods: Definitions and characteristics, impact on the gut microbiota and effects on gastrointestinal health and disease. *Nutrients*, *11*(8), 1806. https://doi.org/10.3390/nu11081806

Erfisa, W., Arpi, N., & Asmawati, A. (2022). Kajian literatur pembuatan produk olahan tempoyak (durian fermentasi). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, *7*(1), 419–428. https://doi.org/10.17969/jimfp.v7i1.19162

Fatima, F. K., Khan, F., Raza, M.A., Qarni, M.M., Khan, S., et al. (2025). Plant-based fermented foods: a review of microbiological, biochemical, and sensory properties. *The Research of Medical Science Review*, 3(2), 147-165. https://doi.org/10.5281/ZENODO.14824653

Freire, A. L., Ramos, C. L., & Schwan, R. F. (2015). Microbiological and chemical parameters during cassava based-substrate fermentation using potential starter cultures of lactic acid bacteria and yeast. *Food Research International*, *76*, 787–795. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.07.041

Gleadow, R. M., & Møller, B. L. (2014). Cyanogenic glycosides: synthesis, physiology, and phenotypic plasticity. *Annual Review of Plant Biology*, *65*(1), 155–185. https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-050213-040027

Goksen, G., Sugra Altaf, Q., Farooq, S., Bashir, I., Capozzi, V., Guruk, M., Bavaro, S. L., & Sarangi, P. K. (2023). A glimpse into plant-based fermented products alternative to animal based products: Formulation, processing, health benefits. *Food Research International*, *173*, 113344.

p-ISSN: 2086-6429
e-ISSN: 2656-0291

https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113344

Graham, A. E., & Ledesma-Amaro, R. (2023). The microbial food revolution. *Nature Communications*, *14*(1), 2231. https://doi.org/10.1038/s41467-023-37891-1

Haruminori, A., Angelia, N., & Purwaningtyas, A. (2018). Makanan etnik Melayu: Tempoyak. *Jurnal Antropologi: Isu-Isu Sosial Budaya*, *19*(2), 125–128. https://doi.org/10.25077/jaisb.v19.n2.p125-128.2017

Harper, Tim. (2013). Afterword: the malay world, besides empire and nation. *Indonesia and the Malay World.* 41. 10.1080/13639811.2013.798073.

Hasanudin. (2010). Mikroflora pada tempoyak. *AGRITECH,* 30(4), 218-222. https://doi.org/10.22146/agritech.9711

Hawashi, M., Widjaja, T., & Gunawan, S. (2019). Solid-state fermentation of cassava products for degradation of anti-nutritional value and enrichment of nutritional value. *New Advances on Fermentation Processes*., 1-19. https://doi.org/10.5772/intechopen.87160

Irene, M.T., Putri. A., Sabila., Wahyu., Putri., & Rosida, D.F. (2024). Manfaat kesehatan pangan fungsional khas Jawa Timur: Wedang secang, brem, dan sambal tumpang. *Food Science and Technology Proceedings*, 1(1), 10-19.

Jayanti, S. P., Husain, H., & Ilyas, N. M. (2024). Analisis proses fermentasi tape dengan variasi ragi: Ragi tape (*Aspergillus oryzae*), ragi roti (*Saccharomyces cerevisiae*) dan ragi tempe (*Rhizopus oligosporus*). *Chemica: Jurnal Ilmiah Kimia dan Pendidikan Kimia*, *25*(2), 64. https://doi.org/10.35580/chemica.v25i2.68228

Juliyarsi, I., Hartini, P., Yuherman, Djamaan, A., Arief, Purwanto, H., Aritonang, S. N., Hellyward, J., & Purwati, E. (2018). Characterization of lactic acid bacteria and determination of antimicrobial activity in tempoyak from Padang Pariaman district, West Sumatra, Indonesia. *Pakistan Journal of Nutrition*, *17*(10). https://doi.org/10.3923/pjn.2018.506.511

Khalil, E. S., Manap, M. Y. A., Mustafa, S., Alhelli, A. M., & Shokryazdan, P. (2018). Probiotic properties of exopolysaccharide-producing *Lactobacillus* strains isolated from tempoyak. *Molecules*, *23*(2). https://doi.org/10.3390/molecules23020398

Khairah, S. J., Suliantari, & Astawan, M. (2001). *Perubahan komponen kimia pada pengolahan beras ketan (Oryza sativa glutinosa L.) menjadi brem padat* (Tesis). Institut Pertanian Bogor.

Laili, S. N., Sudarti, S., & Prihandono, T. (2022). Analysis of alcohol content in cassava (tape) fermentation process. *Journal of Science and Science Education*, *3*(1), 17–21. https://doi.org/10.29303/jossed.v3i1.1340

Latif, A., Shehzad, A., Niazi, S., Zahid, A., Ashraf, W., Iqbal, M. W., Rehman, A., Riaz, T., Aadil, R. M., Khan, I. M., Özogul, F., Rocha, J. M., Esatbeyoglu, T., & Korma, S. A. (2023). Probiotics: Mechanism of action, health benefits and their application in food industries. *Frontiers in Microbiology*, *14*, 1216674. https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1216674

Leisner, J. J., Vancanneyt, M., Rusul, G., Pot, B., Lefebvre, K., Fresi, A., & Tee, L. K. (2001). Identification of lactic acid bacteria constituting the predominating microflora in an acid-fermented condiment (tempoyak) popular in Malaysia. *International Journal of Food Microbiology*, *63*(1–2), 149–157. https://doi.org/10.1016/S0168-1605(00)00476-1

p-ISSN: 2086-6429
e-ISSN: 2656-0291

Maida, F.P. & Mustakim, A. (2025). Analisis Pertumbuhan Mikroorganisme Selama Fermentasi Tapai Singkong Menggunakan Variasi Lama Inkubasi. *Polygon : Jurnal Ilmu Komputer dan Ilmu Pengetahuan Alam*, *3*(5), 27–35. https://doi.org/10.62383/polygon.v3i5.751

Marco, M. L., Heeney D., Binda, S., Cifelli, C.J., Cotter, P.D., Foligne, B., Ganzle, M., et al. (2017). Health benefits of fermented foods: microbiota and beyond. *Current Opinion in Biotechnology*, 44, 94–102. https://doi.org/10.1016/j.copbio.2016.11.010

Marco, M. L., Sanders, M. E., Gänzle, M., Arrieta, M. C., Cotter, P. D., De Vuyst, L., Hill, C., Holzapfel, W., Lebeer, S., Merenstein, D., Reid, G., Wolfe, B. E., & Hutkins, R. (2021). The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on fermented foods. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, *18*(3), 196–208. https://doi.org/10.1038/s41575-020-00390-5

Mehak, M., Deepti, S., Gajender Kumar, A., Jagdip Singh, S., Shilpa, V., & Deepansh, S. (2021). Role of lacto-fermentation in reduction of antinutrients in plant-based foods. *Journal of Applied Biology & Biotechnology*, 9(3), 7-16. https://doi.org/10.7324/JABB.2021.9302

Moss, M. O., & Long, M. T. (2002). Fate of patulin in the presence of the yeast *Saccharomyces cerevisiae*. *Food Additives and Contaminants*, *19*(4), 387–399. https://doi.org/10.1080/02652030110091163

Muttaqin, S. Z., Napitupulu, R.M.R. & Mamangkey, J. (2025). Potensi Mikroorganisme dalam Makanan Fermentasi Lokal Indonesia sebagai Pangan Fungsional. *Journal of Natural Sciences*, 6(2), 177-187. https://doi.org/10.34007/jonas.v6i2.864

Pamungkas, S. D., Pratiwi, D. I., Rahmadani, P. A., & Winanto, A. R. (2024). The Potential of Cassava Processing as an Alternative Food Diversification Substitute for Rice. *Jurnal Inovasi dan Pengembangan Hasil Pengabdian Masyarakat*, 2(2), 289-307. https://doi.org/10.61650/jip-dimas.v2i2.626

Poore, J., & Nemecek, T. (2018). Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science*, *360*(6392), 987–992. https://doi.org/10.1126/science.aaq0216

Raghavendra, G., Nitish, D., Jyothi, M., & Manish, T. K. (2023). A bibliometric framework for quantifying research on kimchi, a staple Korean dish. *Current Research in Nutrition and Food Science*, *11*(1), 61–76. https://doi.org/10.12944/CRNFSJ.11.1.4

Rahma, A., Purwati, E., Juliyarsi, I., & Ferawati. (2021). Chemical properties of tempoyak from lima puluh kota district of West Sumatera, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *694*(1). https://doi.org/10.1088/1755-1315/694/1/012069

Santhosh Nair, A., Syama, A., Senan, S., & R Prabhu, R. (2025). The era of plant-based probiotics: An overview of potential benefits and future aspects. *Applied Food Biotechnology*, *12*(1), 1-11 (e18). https://doi.org/10.22037/afb.v12i1.48298

Sb, D. H., Inayah, I., Puspaningtyas, D. E., Sari, P. M., & Kusuma, N. H. (2023). Effect of cassava fermentation on reducing sugar and sucrose levels: A preliminary study of healthy snack development. *Journal of Healthcare and Biomedical Science*, 1(2), 20–34.

p-ISSN: 2086-6429
e-ISSN: 2656-0291

https://doi.org/10.31098/jhbs.v1i2.1720

Sionek, B., Szydłowska, A., Küçükgöz, K., & Kołożyn-Krajewska, D. (2023). Traditional and new microorganisms in lactic acid fermentation of food. *Fermentation*, *9*(12), 1019. https://doi.org/10.3390/fermentation9121019

Soleha, S. & Atina Qurba Hanifa. (2024). A polyphasic approach to the exploration of lactic acid bacteria from tempoyak in South Sumatra. *JST (Jurnal Sains Dan Teknologi)*, *13*(3), 523–536. https://doi.org/10.23887/jstundiksha.v13i3.85208

Surono, I. S. (2016). Ethnic fermented foods and beverages of Indonesia. *Ethnic Fermented Foods and Alcoholic Beverages of Asia* (pp. 341–382). https://doi.org/10.1007/978-81-322-2800-4_14

Surya, R. (2024). Fermented foods of Southeast Asia other than soybean- or seafood-based ones. *Journal of Ethnic Foods*, *11*(1), 27. https://doi.org/10.1186/s42779-024-00241-7

Tamang, J. P., Shin, D.-H., Jung, S.-J., & Chae, S.-W. (2016). Functional Properties of Microorganisms in Fermented Foods. *Frontiers in Microbiology*, *7*. https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00578

Tamang, J. P., Cotter, P. D., Endo, A., Han, N. S., Kort, R., Liu, S. Q., Mayo, B., Westerik, N., & Hutkins, R. (2020). *Fermented foods in a global age: East meets West. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19, 184–217.

Tengku Abdul HamiD, T. H., & FatiN Amysya, N. (2021). Lactic Acid Bacterium With Antimicrobial Properties From Selected Malay Traditional Fermented Foods. *International Journal of Life Sciences and Biotechnology*, *4*(1), 13–24. https://doi.org/10.38001/ijlsb.781522

Tharmabalan, R. T., Rusli, S. 'Atikah, Lo, R., Saidin, N. F. B., & Basar, Z. (2025). From tradition to table: An introduction to the culture and nutritional significance of Malaysian fermented foods products. *Journal of Ethnic Foods*, *12*(1), 18. https://doi.org/10.1186/s42779-025-00278-2

Yang, X., Yuan, R., Pei, X., Tang, N., Zhang, Y., Zhang, Z., Song, L., Jiang, X., Zhang, F., & Wei, T. (2025). Nutritional composition and physicochemical properties of fermented cassava (*Manihot esculenta Crantz*) during solid-state fermentation: Metabolites and microbial communities influenced by medium-temperature Daqu. *Journal of Future Foods*, S2772566925001934. https://doi.org/10.1016/j.jfutfo.2025.04.023