

PENGARUH METODE FERMENTASI TERHADAP PENINGKATAN KANDUNGAN KIMIA DAN AKTIVITAS FARMAKOLOGI PADA BEBERAPA TANAMAN: Artikel Review

Melisa Puspitasari, Soraya Riyanti*

Program Studi Magister Farmasi Universitas Jenderal Achmad Yani, Cimahi, Indonesia

*Penulis Korespondensi: anti.piper81@gmail.com

Abstrak

Fermentasi merupakan suatu proses pemecahan zat organik kompleks atau komponen makanan lainnya menjadi senyawa yang lebih sederhana melalui aksi enzim alami dan mikroorganisme yang memfermentasi. Tujuan dari literatur *review* ini untuk memperoleh informasi pengaruh metode fermentasi terhadap peningkatan kandungan fitokimia dan aktivitas farmakologis pada beberapa tanaman. Metode pencarian jurnal dilakukan pada situs *Google Scholar*, *Pubmed*, *ScienceDirect*. Hasil diketahui bahwa metode fermentasi dapat meningkatkan kandungan kimia serta aktivitas farmakologi dari suatu tanaman. Mikroorganisme yang banyak digunakan dalam proses fermentasi yaitu bakteri *Bacillus subtilis* dan *Lactobacillus brevis* yang dimana dapat meningkatkan kadar fenol total dan meningkatkan aktivitas antioksidan. Faktor yang berpengaruh pada proses fermentasi dalam meningkatkan kandungan kimia serta aktivitas farmakologi dari suatu tanaman diantaranya metode perlakuan, lama waktu fermentasi (inkubasi), mikroorganisme yang digunakan serta konsentrasi inokulum yang digunakan.

Kata kunci: Fermentasi, bakteri, jamur, kandungan kimia.

Abstract

Fermentation is a process that involves the chemical transformation or breakdown of complex organic substances or other food components into simpler compounds through the action of natural enzymes and fermenting microorganisms. The purpose of this literature review is to explore the impact of fermentation methods on the enhancement of phytochemical content and pharmacological activity in various plants. Journal searches were conducted on Google Scholar, PubMed, and ScienceDirect. The results revealed that fermentation methods can increase the chemical content and pharmacological activity of a plant. Microorganisms that are frequently used in the fermentation process, such as Bacillus subtilis and actobacillus brevis, can increase the total phenol content and enhance antioxidant activity. Factors influencing the fermentation process in improving the chemical content and pharmacological activity of a plant include treatment methods, duration of fermentation (incubation), microorganisms used, and the concentration of inoculum used.

Keywords: Fermentation, bacteria, fungi, chemical content

PENDAHULUAN

Sumber daya biotik, termasuk tumbuhan yang digunakan untuk pakaian, kosmetik, makanan, dan obat-obatan, telah dimanfaatkan oleh manusia sejak peradaban kuno. Indonesia dengan lebih dari 17.000 pulau, sangat kaya akan sumber daya alam dan keanekaragaman hayati, terutama tumbuhan darat (Ramadhanil & Eljonnaehdi, 2011; Nugraha *et al.*, 2022). Indonesia adalah salah satu negara

dengan jumlah spesies tumbuhan tingkat tinggi terbanyak, dengan tercatat sekitar 22.500 spesies hingga saat ini. (Nugraha *et al.*, 2022). Secara umum pengobatan tradisional masih merupakan hal yang lumrah di berbagai belahan dunia meskipun sekarang pengobatan modern semakin berkembang dan kualitasnya meningkat.

Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) pada tahun 2018, melaporkan bahwa 88% dari 194 anggota negara mengakui penggunaan pengobatan alternatif, tradisional, dan komplementer (Pradipta *et al.*, 2023). Semakin tinggi minat terhadap obat tradisional, semakin banyak bahan baku yang dibutuhkan untuk produksinya. Akibatnya, permintaan tanaman obat meningkat, yang sebagian besar masih dipenuhi melalui pengumpulan tanaman liar. Tekanan terus-menerus terhadap sumber daya alam dapat menyebabkan penurunan populasi beberapa spesies tumbuhan, terutama di hutan, dan pada saat yang sama, lahan hutan kehilangan flora alaminya dengan kecepatan yang mengkhawatirkan. Selain itu, proses pengumpulan yang memakan waktu dan menghasilkan *output* rendah tidak mampu memenuhi permintaan pasar yang meningkat pesat dalam jangka pendek. Meskipun pengumpulan, pemeliharaan alami, dan budidaya tanaman liar memiliki keunggulan dalam menghasilkan bahan obat mentah, hal ini tidak cukup untuk menyelesaikan masalah pemanfaatan sumber daya herbal secara berkelanjutan saat ini. (Li *et al.*, 2015). Oleh karena itu, diperlukan penggunaan dalam jumlah seminimal mungkin akan tetapi dapat memberikan efek atau khasiat yang optimal untuk meminilisir kelangkaan bahan baku atau tanaman obat.

Salah satu solusinya yaitu dengan mencoba menggunakan metode fermentasi. Adapun istilah "fermentasi" berasal dari kata Latin "*fermentum*" dan mengacu pada proses yang memanfaatkan pertumbuhan dan aktivitas metabolisme mikroorganisme yang terdapat dalam bahan tumbuhan atau hewan. Proses fermentasi ini melibatkan transformasi kimia atau pemecahan zat organik kompleks atau komponen makanan lainnya

menjadi senyawa yang lebih sederhana melalui aksi enzim alami dan mikroorganisme yang memfermentasi. Adapun mikroorganisme yang terlibat dalam proses fermentasi diantaranya termasuk bakteri (*Lactobacillus spp.*, *Streptococcus spp.*, *Enterococcus spp.*, *Bacillus spp.*, *Acetobacter spp.*), ragi (*Saccharomyces spp.*, *Pichia spp.*, *Candida spp.*), dan kapang (*Aspergillus oryzae*, *Penicillium roqueforti*, *Rhizopus spp.*) (Pogačar *et al.*, 2022).

Adapun berdasarkan hasil dari penelitian sebelumnya terkait fermentasi bahan alam yang berbeda telah mengungkapkan bahwa kandungan fitokimia dan aktivitas farmakologis yang tersedia meningkat secara signifikan pada bahan alam yang difermentasi. Salah satu contohnya yaitu pada sari rimpang temu giring mengalami peningkatan kadar fenolik total setelah difermentasi dengan bakteri *Lactobacillus bulgaricus* (Murelina *et al.*, 2018) dan peningkatan kadar fenolik serta antioksidan dari daun kelor dengan bakteri *Bacillus subtilis* (Ali *et al.*, 2020).

Berdasarkan paparan diatas, perlu pengkajian lebih lanjut apakah fermentasi dapat meningkatkan kandungan fitokimia serta aktivitas farmakologis dari tanaman obat. Oleh karena itu pada artikel revidi ini akan membahas terkait "Pengaruh Metode Fermentasi Terhadap Peningkatan Kandungan Fitokimia dan Aktivitas Farmakologis Pada Beberapa Tanaman".

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan untuk menyusun artikel review ini, yaitu menggunakan teknik studi pustaka dengan mencari sumber atau literatur berbentuk data primer berupa jurnal nasional maupun jurnal internasional 10 tahun terakhir (2014-2024) dan

berbentuk *Original Research*. Pecarian data dicari pada situs journal *Google Scholar, Pubmed, ScienceDirect*. Adapun kata kunci yang digunakan

dalam mencari sumber atau literatur dalam situs jurnal tersebut yaitu “*fermentation leaves, flowers, fruits*” dan “*(plant) AND (method fermentation)*”.

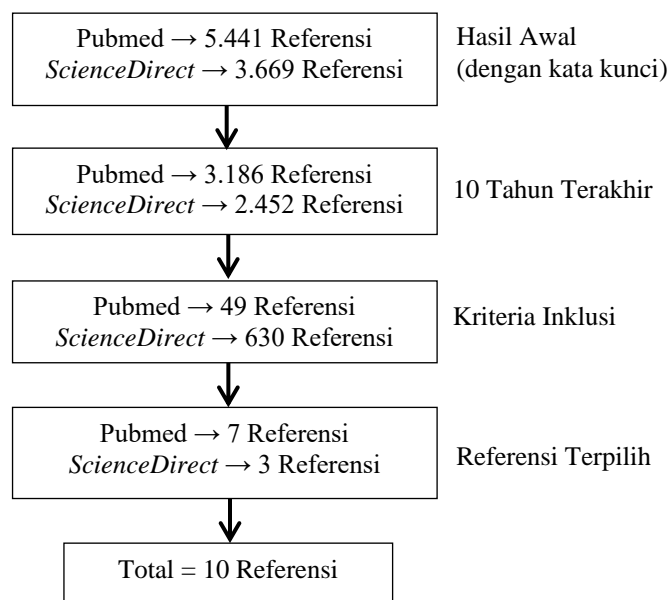
Tabel 1. Hasil penelitian yang sudah dilakukan

No	Tanaman	Metode Fermentasi	Kandungan Kimia	Aktivitas Farmakologi	Referensi
1.	Rimpang Kunyit (<i>Curcuma longa</i>)	Serbuk simplisia kunyit + larutan mineral (KCl, KH ₂ PO ₄ , NaNO ₃ , MgSO ₄ .7H ₂ O) → Sterilisasi (→ + 30% (v/w) suspensi jamur <i>Aspergillus oryzae</i> (10 ⁶) → Diinkubasi 14, 21, 28 jam → Ekstraksi (1 : 10) dengan etanol 96% (metode maserasi) selama 24 jam.	Kadar Total Fenol ↑: <ul style="list-style-type: none"> • Ekstrak tanpa fermentasi 261 asam galat / gram ekstrak. • Ekstrak terfermentasi 324,3; 361; 374,3 mg asam galat / gram ekstrak. 	Antioksidan ↑ : <ul style="list-style-type: none"> • Ekstrak tanpa fermentasi nilai % inhibisi 17,0 mg kuersetin / gram ekstrak • Ekstrak terfermentasi nilai % inhibisi 27,3; 33,3; dan 34,1 mg kuersetin / gram ekstrak. 	(Sulasyah <i>et al.</i> , 2018)
2.	Buah Stroberi	Stoberi segar (<i>Sweet charlie</i>) → Diblender → Homogenisasi → Sterilisasi → Diinokulasikan dengan (5%, v/v) kultur bakteri <i>Lactobacillus plantarum</i> 21802, <i>L. pentosus</i> 21798, <i>L. pentosus</i> 21832 dan <i>L. brevis</i> 6239 selama 48 jam suhu 37°C → Starter + pure stoberi → Fermentasi 72 jam.	Kadar Fenol Total ↑ : <ul style="list-style-type: none"> • Stoberi yang dihaluskan tanpa fermentasi 1,02 mg/mL. • Stoberi yang dihaluskan difermentasi, hasilnya 1,18 mg/mL (<i>L. plantarum</i>), 1,05 mg/mL (<i>L. pentosus</i> 21798), 1,09 mg/mL (<i>L. pentosus</i> 21832), dan 1,15 mg/mL (<i>L. brevis</i> 6239). 	Antioksidan ↑ : <ul style="list-style-type: none"> • Stoberi yang dihaluskan tanpa fermentasi nilai % inhibisi sebesar 48,52%. • Stoberi yang dihaluskan dan difermentasi nilai % inhibisi sebesar 56,80% (<i>L. plantarum</i>), 53,14% (<i>L. pentosus</i> 21798), 54,28% (<i>L. pentosus</i> 21832), dan 56,29% (<i>L. brevis</i> 6239). 	(Yang <i>et al.</i> , 2023)
3.	Bunga Jeruk Manis (<i>Citrus aurantium</i>)	Simplisia bunga <i>C. aurantium</i> + larutan (10 mL HCl 6 M dan 80 mL etanol 50%) → Diaduk, disaring, diupkan, dan dipekatkan → Ekstrak + larutan penyangga fosfat + bakteri 2,0 x 10 ⁷ cfu/mL bakteri <i>Lactobacillus brevis</i> → Dinkubasi aerobik (1-5 hari selama 37°C)	Kadar Flavonoid Total ↑ : <ul style="list-style-type: none"> • Ekstrak tanpa fermentasi 75,3 (mg GAE/g-ekstrak kering) • Ekstrak terfermentasi 134,8 (mg GAE/g-ekstrak kering) Kadar Fenol Total ↑ : <ul style="list-style-type: none"> • Ekstrak tanpa fermentasi 32,4 (mg GAE/g-ekstrak kering) • Ekstrak terfermentasi 102,8 (mg GAE/g-ekstrak kering) 	Antitirozinase ↑ : <ul style="list-style-type: none"> • Ekstrak tanpa fermentasi memiliki nilai 38,2 – 0,9 mg/L. • Ekstrak terfermentasi memiliki nilai IC50 200,8-11,6 mg/L. Antioksidan ↑: <ul style="list-style-type: none"> • Ekstrak tanpa fermentasi memiliki nilai IC50 272,4 mg/L. • Ekstrak terfermentasi memiliki nilai IC50 18,6 mg/L. Antibakteri ↑ : <ul style="list-style-type: none"> • Ekstrak tanpa fermentasi memiliki nilai KHM 1.500 mg/L (<i>S. aureus</i>), 1.200 mg/L (<i>E. coli</i>), 800 mg/L (<i>P. aeruginosa</i>) 	(Chen <i>et al.</i> , 2023)

				<ul style="list-style-type: none"> • Ekstrak terfermentasi memiliki nilai KHM 120 mg/L (<i>S. aureus</i>), 80 mg/L (<i>E. coli</i>), 50 mg/L (<i>P. aeruginosa</i>) <p>Antijamur ↑ :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ekstrak tanpa fermentasi memiliki nilai MFC 1.000 mg/L (<i>C. albicans</i>) dan 2.500 mg/L (<i>A. brasiliensis</i>) • Ekstrak terfermentasi memiliki nilai MFC 150 mg/L (<i>C. albicans</i>) dan 180 mg/L (<i>A. brasiliensis</i>) 	
4.	Teh Hitam	Metode <i>Solid-State</i> Fermentation. Teh hitam disemprotkan aquadest → Disterilisasi → + 4 mL <i>B. Subtilis</i> → Dinkubasi selama 2, 4, 6, dan 8 hari suhu 37°C → <i>Freeze dry</i>	Kadar Polifenol Total ↓ Total flavonoid ↑	Antioksidan ↓	(Xiao <i>et al.</i> , 2023)
5.	Kacang Kedelai	Kacang kedelai + air direndam 12 jam → Disterilisasi → Diinokulasikan 0, 1, 3, 5, dan 7% (b/b) <i>B. Subtilis</i> → Dinkubasi 60 jam pada suhu 42±1°C → <i>Di freeze dry</i> → Di ekstraksi dengan pelarut metanol 80% v/v → diinkubasi pada suhu 25°C selama 24 jam	Kadar Fenol Total ↑ : <ul style="list-style-type: none"> • Ekstrak tanpa fermentasi kadarnya 1,93 mg/g • Ekstrak terfermentasi <i>B. Subtillis</i> 1 % kadarnya 5,99 mg/g 	Antioksidan ↑ : <ul style="list-style-type: none"> • Ekstrak tanpa fermentasi nilai % inhibisinya 89,98%. • Ekstrak terfermentasi <i>B. Subtillis</i> 1 % nilai % inhibisinya 94,24%. <p>Nutrisi ↑ :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ekstrak tanpa fermentasi kadar kalsium 1481,38 mg/kg, zat besi 41,38 mg/kg, natrium 48,01 mg/kg, dan zink 32,82 mg/kg. • Ekstrak terfermentasi <i>B. Subtillis</i> 7% kadar kalsium 1667,32 mg/kg, zat besi 317,00 mg/kg, natrium 310,07 mg/kg, dan zink 37,18 mg/kg. 	(Ali <i>et al.</i> , 2018; Sanjukta <i>et al.</i> , 2015)
6	Daun Kelor (<i>Moringa oleifera</i>)	Daun kelor segar → Dipanaskan → Daun matang → Diinokulasikan <i>B. Subtilis</i> (10 ⁷ -10 ⁸ CFU/mL) → Inkubasi 24, 48, 72 dan 96 jam (42±1°C) → <i>Freeze dry</i> → Ekstaksi dengan metanol 80% v/v selama 24 jam → Sentrifugasi → Disaring dan diupkan.	Asam Amino Total ↑ : <ul style="list-style-type: none"> • Ekstrak tanpa fermentasi kadarnya 81,39 mg/g • Ekstrak terfermentasi kadarnya 121,95 mg/g <p>Kadar Isoflavon Total ↑ :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ekstrak tanpa fermentasi kadarnya 	Antioksidan ↑ : <ul style="list-style-type: none"> • Ekstrak tanpa fermentasi nilai % inhibisinya 54,66%. • Ekstrak terfermentasi nilai % inhibisinya 59,72%, 63,12%, 52,49% dan 46,72% 	(Ali <i>et al.</i> , 2020)

			<p>732,30 µg/g</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ekstrak terfermentasi kadarnya 1083,38 µg/g <p>Kadar Fenol Total ↑ :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ekstrak tanpa fermentasi kadarnya 186,72 mg GAE/g • Ekstrak terfermentasi kadarnya 245,52 mg GAE/g, 310,25 mg GAE/g, 298,38 mg GAE/g, dan 265,27 mg GAE/g 		
7	Daun Alpukat (<i>Persea americana</i> Mill.)	<p>Serbuk simplisia daun alpukat direndam air steril (dipanaskan 90°C) → + 1 mL media yang mengandung glukosa dan ekstrak ragi 0,4% w/v → + inokulasi bakteri (10⁶ dan 10⁷ sel/mL) → Diinkubasi 26°C → Freeze dry → Ekstraksi dengan etanol 80% (ultrasonik 15 menit) → Sentrifugasi → Diupkan</p> <p>Bakteri yang digunakan :</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Pediococcus acidilactici</i> 5765T, - <i>Pediococcus acidilactici</i> 98 - <i>Pediococcus pentosaceus</i> 4695T - <i>Pediococcus pentosaceus</i> 923 - <i>Leuconostoc mesenteroides</i> subsp. <i>Mesenteroides</i> 219T - <i>Leuconostoc mesenteroides</i> subsp. <i>mesenteroides</i> 215 - <i>Levilactobacillus brevis</i> 4121T - <i>Levilactobacillus brevis</i> 5354. 	<p>Kadar Flavonoid Total ↑:</p> <p>Sebesar 91% (<i>P. acidilactici</i> 5765T), 96% (<i>P. pentosaceus</i> 4695T), dan 75% (<i>L. brevis</i> 5354)</p> <p>Kadar Fenolik ↑:</p> <p>Sebesar 71% (<i>P.pentosaceus</i> 4695T), 62% (<i>L.brevis</i> 5354), 55 (<i>P. acidilactici</i> 5765T) dan 21% (<i>L.plantarum</i> CECT 9567)</p>	<p>Antioksidan ↑:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ekstrak tanpa fermentasi memiliki aktivitas antioksidan 92,10 mg TE/g • Ekstrak terfermentasi memiliki aktivitas antioksidan 96,61 mg TE/g (<i>L. plantarum</i> 748T (24 jam)) dan 93,33 mg TE/g (<i>P. pentosaceus</i> 4695T (24 jam)) 	(De Montijo-Prieto <i>et al.</i> , 2023)
8	Buah Delima (<i>Punica granatum</i>)	<p>Ekstrak buah delima + <i>Saccharomyces cerevisiae</i> dan <i>Lactobacillus plantarum</i></p>	<p>Kadar Fenolik Total ↑</p>	<p>Antioksidan ↑</p> <p>Kelembapan, kecerahan, elastisitas kulit ↑</p> <p>Kepadatan kolagen ↑</p>	(Chan <i>et al.</i> , 2021)
9	Daun Stevia (<i>Stevia rebaudiana</i>)	<p>Ekstrak + kultur bakteri <i>Pediococcus pentosaceus</i> LY45 → Diinkubasi 24 jam → Disterilkan → Disentrifugasi</p>		<p>Penekanan kadar AST dan ALT ↑:</p> <p>Kadar AST dari 1106 menjadi 210 IU/L (P<0,05) dan ALT dari 591 menjadi 100 IU/L (P<0,05).</p>	(Ma <i>et al.</i> , 2023)
10	Rimpang Temu Giring (<i>Curcuma heyneana</i>)	<p>Rimpang temu giring segar + air (1:1) → + 6% Starter <i>Lactobacillus bulgaricus</i></p>	<p>Kadar Fenolik Total ↑ :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ekstrak tanpa fermentasi kadarnya 9,47 mg GAE/g • Ekstrak terfermentasi kadarnya 61,33 mg GAE/g 		(Murelina & Wijayanti, 2018)

Adapun hasil penyaringan jurnal terpilih dideskripsikan pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Diagram alir penelusuran pustaka

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan kajian literatur yang dilakukan mengenai beberapa metode fermentasi terhadap peningkatan kandungan fitokimia dan aktivitas farmakologis pada beberapa tanaman diperoleh hasil seperti pada (Tabel 1).

Fermentasi Rimpang Kunyit dengan *Aspergillus oryzae*

Tanaman kunyit merupakan tanaman tropis asli dari Asia dan sekarang sudah menyebar ke daerah - daerah subtropis di seluruh dunia (Li *et al.*, 2011; Suprihatin *et al.*, 2020). Rimpang kunyit telah dikenal memiliki banyak aktivitas farmakologis diantaranya sebagai antijamur (Harianto, 2017), antibakteri (Fikayuniar *et al.*, 2019), antianemia (Prihardini & Basuki, 2020), analgesik, antiinflamasi (Patala *et al.*, 2023), serta antioksidan (Septiana & Simanjuntak; Suprihatin *et al.*, 2020). Penelitian (Septiana & Simanjuntak), menunjukkan bahwa ekstrak rimpang kunyit

memiliki aktivitas antioksidan dengan nilai IC₅₀ 20,42 µg/mL.

Berdasarkan penelitian (Sulasiyah *et al.*, 2018) pada Tabel 1, dilakukan fermentasi kunyit dengan *Aspergillus Oryzae* yaitu dengan cara serbuk kunyit ditambahkan larutan mineral dan disterilisasi dengan autoklaf. Dilakukan penambahan 30% (v/w) suspensi spora dan diinkubasi selama 14, 21, 28 jam. Diekstraksi dengan etanol 96% (1:10) dan filtrat disimpan dalam labu ukur. Hasil menunjukkan dapat meningkatkan aktivitas antioksidan dengan nilai % inhibisi tanpa fermentasi 17,0 dan dengan fermentasi selama 14, 21, dan 28 jam berturut-turut sebesar 27,3; 33,3; dan 34,1 mg kuersetin / gram ekstrak serta dapat meningkatkan kadar total fenolat dengan kadar total fenolat ekstrak tanpa fermentasi 261 asam galat / gram ekstrak dan ekstrak fermentasi berturut-turut sebesar 324,3; 361; 374,3 mg asam galat / gram ekstrak.

Fermentasi kunyit dengan *Aspergillus Oryzae* meningkatkan aktivitas antioksidan karena karena jamur ini mampu menghasilkan enzim β-glukosidase yang dapat menghidrolisis glikosida isoflavon menjadi aglikon isoflavon (Berghofer *et al.*, 1998). Total fenol ekstrak kunyit terfermentasi selama 28 jam lebih tinggi dibandingkan dengan yang tanpa fermentasi. Hal ini disebabkan kandungan senyawa fenolik terutama flavonoid pada kunyit yang difermentasi mengalami transformasi ke bentuk bebasnya disebut aglikon. Semakin lama waktu fermentasi maka akan semakin meningkat kapasitas antioksidan dan kadar total fenolnya (Sulasiyah *et al.*, 2018).

Fermentasi Stoberi dengan *Lactobacillus* spp.

Stoberi (*Fragaria* sp.) adalah tanaman subtropis dari benua Eropa dan Asia Utara (Sari, 2020). Ekstrak buah stoberi memiliki aktivitas antioksidan dengan nilai IC₅₀ 68,03 µg/mL (Anggraini *et al.*, 2018). Berdasarkan penelitian (Yang *et al.*, 2023) pada Tabel 1, Stoberi segar (*Sweet charlie*) di blender, diikuti dengan dihomogenisasi pada 500 W (selama 20 menit). Hasil di sterilisasi dan didinginkan hingga suhu kamar (26°C). Strain bakteri disubkultur dua kali. Kultur yang diperoleh diinokulasi (5%, v/v) ke dalam buah stoberi yang dihaluskan selama 48 jam pada suhu 37°C, dan kultur yang dihasilkan digunakan sebagai bahan untuk fermentasi murni stroberi. Semua sampel dikumpulkan setelah fermentasi 72 jam pada suhu 37°C, hasilnya menunjukkan bahwa kadar total fenol meningkat dari 1,02 mg/mL (tanpa fermentasi) menjadi 1,18 mg/mL (*Lactobacillus plantarum*), 1,05 mg/mL (*Lactobacillus pentosus* 21798), 1,09 mg/mL (*L. pentosus* 21832), dan 1,15 mg/mL (*Lactobacillus brevis* 6239). Persentase inhibisi juga meningkat dari 48,52% (tanpa fermentasi) menjadi 56,80% (*L. plantarum*), 53,14% (*L. pentosus* 21798), 54,28% (*L. pentosus* 21832), dan 56,29% (*L. brevis* 6239).

Fermentasi Bunga Jeruk Manis dengan *Lactobacillus brevis*

Tanaman jeruk manis atau yang dikenal dengan nama latin *Citrus sinensis* Linn., adalah tumbuhan yang dapat tumbuh di daerah tropis dan subtropic (Novitasari, 2018). Berdasarkan penelitian (Chen *et al.*, 2023) pada Tabel 1, ekstrak simplisia bunga *C. aurantium* ditambahkan ke larutan (10 mL HCl 6 M dan 80 mL etanol 50%), diaduk selama 30 menit, disaring, dan dipekatkan

dengan *rotary evaporator*. Untuk fermentasi, larutan penyangga fosfat (PBS, pH 6) yang mengandung ekstrak diinokulasikan dengan 2,0 x 10⁷ cfu/mL bakteri *Lactobacillus brevis*. Inkubasi anaerobik dilakukan selama 1–5 hari pada suhu 37°C. Setelah sentrifugasi 10 menit (8000 g), supernatant disaring dengan filter 0,45-µm dan dipekatkan kembali dengan *rotary evaporator*. Ekstrak bunga *Citrus aurantium* menunjukkan peningkatan aktivitas setelah fermentasi. Aktivitas antitirozinase meningkat dari 200,8 - 11,6 mg/L menjadi 38,2 - 0,9 mg/L. Aktivitas antioksidan meningkat dari IC₅₀ 272,4 mg/L menjadi 18,6 mg/L. Aktivitas antibakteri meningkat dengan nilai KHM turun dari 1.500 mg/L ke 120 mg/L (*Staphylococcus aureus*), 1.200 mg/L ke 80 mg/L (*E. coli*), dan 800 mg/L ke 50 mg/L (*P. aeruginosa*). Aktivitas antijamur juga meningkat, dengan nilai *MFC* (*Minimum Inhibitory Concentration*) turun dari 1.000 mg/L ke 150 mg/L (*Candida albicans*) dan 2.500 mg/L ke 180 mg/L (*A. brasiliensis*).

Fermentasi Teh Hitam dengan *Bacillus subtilis*

Berdasarkan penelitian (Xio *et al.*, 2023) pada Tabel 1, teh hitam ditempatkan dalam labu dan disemprotkan dengan 12 mL air murni, kemudian disterilkan. Setelah labu didinginkan hingga suhu 25°C, 4 mL suspensi *Bacillus subtilis* ditambahkan, kemudian diinkubasi pada suhu 37°C selama 2, 4, 6, 8 hari. Sampel teh hitam di *freeze dry* dan digiling menjadi serbuk. Diperoleh hasil kandungan total polifenol menurun, dan kandungan total flavonoid sedikit meningkat pada fermentasi hari ke-4 dan menurun pada hari selanjutnya. Aktivitas antioksidan menggunakan pereaksi ABTS

dan kemampuan pengkhelat tetap relatif stabil hari ke-2 dan hari ke-4 sekitar 90,38% dan 92,07% hingga hari keenam fermentasi. Namun, aktivitas peredaman radikal DPPH dan daya reduksi menunjukkan sedikit penurunan selama proses fermentasi, namun tetap bertahan sekitar 91,14% dan 94,78% dari aktivitas awal hingga hari ke-8 fermentasi. Variasi kapasitas antioksidan pada sampel teh hitam dengan durasi fermentasi yang berbeda disebabkan oleh kandungan polifenolnya (Dai *et al.*, 2015).

Fermentasi Kacang Kedelai dengan *Bacillus subtilis*

Berdasarkan penelitian (Ali *et al.*, 2018) pada Tabel 1, kacang kedelai direndam selama 12 jam, disterilisasi, dan dimasukkan ke dalam labu. Setiap labu diinokulasikan dengan 0, 1, 3, 5, dan 7% *B. subtilis* (7,43 log CFU/mL) dan diinkubasi selama 60 jam pada suhu $42\pm 1^\circ\text{C}$. Ekstrak dari sampel yang dikeringkan dengan pengering beku diekstraksi dengan 50 mL pelarut (80% metanol), diinkubasi pada 25°C selama 24 jam, disentrifugasi pada 1660 g selama 20 menit, dan dipekatkan dengan penguap vakum putar. Memperoleh hasil menunjukkan bahwa kandungan kalsium, zat besi, natrium, dan zink meningkat dalam fermentasi yang dibuat menggunakan 7% *B. subtilis* dari 1481,38 menjadi 1667,32, 41,38 menjadi 317,00, 48,01 menjadi 310,07, dan 32,82 menjadi 37,18 mg/kg. Selain itu, dengan fermentasi *B. Subtillis* 1% mendapatkan hasil peningkatan kadar fenolik total tertinggi sebanyak 5,99 mg/g dibandingkan tanpa fermentasi dan meningkatkan aktivitas antioksidan dengan persentase tertinggi yaitu 94,24% dibandingkan tanpa fermentasi 89,98%.

Aktivitas pemusnahan radikal bebas didasarkan pada kemampuan menyumbangkan hidrogen. Senyawa fenolik dalam tumbuhan ditemukan dalam bentuk terkonjugasi dengan glikosida melalui gugus hidroksil. Selama fermentasi oleh mikroba, pelepasan senyawa fenolik dari kedelai dapat meningkatkan kandungan gula dan glikosida (Hwang *et al.*, 2013). Pada penelitian (Sanjukta *et al.*, 2015), juga melakukan fermentasi kacang kedelai kuning dan hitam dengan menggunakan bakteri *B. subtilis* yang dimana menunjukkan hasil terdapat peningkatan kadar fenolik sebesar 7,9-8,4 dan 6,9-7,5 mg GAE/g dibandingkan yang tanpa fermentsi sebesar 1,93 dan 1,64 mg GAE/g.

Fermentasi Daun Kelor dengan *Bacillus subtilis*

Kelor dikenal sebagai "*The Miracle Tree*" atau pohon ajaib karena secara alami merupakan sumber gizi dan obat yang memiliki kandungan luar biasa dibandingkan tanaman pada umumnya. (Susanty *et al.*, 2015). Ekstrak etanol daun kelor memiliki aktivitas antioksidan dengan nilai IC50 22,18 $\mu\text{g/mL}$ (Rizkayanti *et al.*, 2017). Berdasarkan penelitian (Ali *et al.*, 2020) pada Tabel 1, Daun kelor dipanaskan pada autoklaf 121°C selama 30 menit, didinginkan, dan dibagi menjadi lima bagian. Setiap bagian diinokulasikan dengan *B. subtilis* dan difermentasi pada $42\pm 1^\circ\text{C}$ selama 0, 24, 48, 72, dan 96 jam. Setelah fermentasi, daun dikeringkan dengan alat pengering beku kemudian dihaluskan, dan diekstraksi dengan metanol 80% v/v selama 24 jam. Ekstrak disentrifugasi, disaring, dan diuapkan hingga kering dengan penguap vakum putar. Memperoleh hasil menunjukkan terjadi peningkatan yang signifikan dari 81,39 menjadi 121,95 mg/g kandungan asam amino total,

meningkatkan kadar isoflavon total daun kelor yaitu dari 732,30 µg/g menjadi 1083,38 µg/g, meningkatkan kadar fenolik total dari 186,72 mg GAE/g (tanpa fermentasi) menjadi 245,51 (24 jam), 310,25 (48 jam), 298,38 (72 jam) dan 265,27 (96 jam), dan meningkat aktivitas antioksidan dari 54,66% (tanpa fermentasi) menjadi 59,72% (24 jam), 63,12% (48 jam), 52,49% (72 jam), dan 46,27 % (96 jam).

Fermentasi Daun Alpukat dengan Bakteri Asam Laktat

Berdasarkan penelitian (Montijo-Prieto *et al.*, 2023) pada Tabel 1, Daun alpukat kering yang digiling kemudian direndam dalam air steril yang dipanaskan hingga 90°C. Campuran ditambah 1 mL media steril dengan glukosa dan ekstrak ragi hingga mencapai konsentrasi 0,4% w/v. Inokulasi ditambahkan untuk mencapai 10^6 – 10^7 sel/mL, dan pH diukur pada 0, 24, 48, 72, dan 96 jam inkubasi pada suhu 26°C. Setelah fermentasi, sampel dikeringkan menggunakan metode *freeze drying*, diekstraksi dengan ultrasonik dalam etanol 80%, selama 15 menit, dan disentrifugasi pada 9000 rpm selama 10 menit. Supernatan dikumpulkan, diuapkan, dan dilarutkan dalam metanol/air (50:50 w/v), diperoleh hasil jumlah senyawa fenolik meningkat sebesar 71, 62, 55 dan 21% dalam fermentasi dengan *Pediococcus pentosaceus* 4695T, *Lactobacillus brevis* 5354, *P. acidilactici* 5765T dan *L.plantarum* 9567 dan kadar flavonoid total meningkat sebesar 91, 96 dan 75% dalam fermentasi dengan *P. acidilactici* 5765T, *P. pentosaceus* 4695T and *L. brevis* 5354. Selain itu juga, aktivitas antioksidan tertinggi yaitu didapatkan dari hasil fermentasi dengan *L. plantarum* 748T (48 jam) sebesar 96,61 mg TE/g

dan *P. pentosaceus* 4695T (24 jam) sebesar 93,33 mg TE/g, dibandingkan ekstrak tanpa fermentasi sebesar 92,10 mg TE/g. Aktivitas enzimatis bakteri asam laktat dapat menghancurkan dinding sel tumbuhan dan melepaskan fenolat yang terikat, sehingga meningkatkan ketersediaan hayati dan memfasilitasi proses ekstraksi (Muñoz *et al.*, 2017; Wang *et al.*, 2021).

Fermentasi Buah Delima dengan *Saccharomyces cerevisiae* dan *Lactobacillus plantarum*

Berdasarkan penelitian (Chan *et al.*, 2021) pada Tabel 1, dilakukan ekstrak buah delima difermentasi dengan cara memfermentasi ekstrak buah delima secara berurutan dengan *Saccharomyces cerevisiae* dan *Lactobacillus plantarum* untuk mendapatkan ekstrak buah delima yang difermentasi. Komposisi minuman fungsional FPE-D terdiri dari 20,0% ekstrak buah delima hasil fermentasi, sukralosa, dan air dan minuman placebo dengan komposisi perasa, asam sitrat, sukralosa, dan air (50 ml; TCI Co. Ltd). Bahan kosmetik FPE-S adalah ekstrak buah delima yang difermentasi, 1,3-butilen glikol, hidroksiasetofenon, 1,2-heksanediol, gom xanthan, karbomer, trietanolamin, dan air; serum placebo tersebut adalah 1,3-butilen glikol, hidroksiasetofenon, 1,2-heksanil, gom xanthan, karbomer, trietanolamin, dan air. Memperoleh hasil ekstrak fermentasi buah delima meningkatkan aktivitas antioksidan, meningkatkan kelembapan, kecerahan, elastisitas kulit dan meningkatkan kepadatan kolagen dan meningkatkan kadar fenol total.

Fermentasi Daun Stevia dengan *Pediococcus pentosaceus* LY45

Berdasarkan penelitian (Ma *et al.*, 2023) pada Tabel 1, dilakukan dengan cara kultur bakteri

Pediococcus pentosaceus LY45 diinokulasi ke dalam ekstrak herbal daun stevia yang telah disiapkan sebesar 1% (w/w) dan diinkubasi pada suhu yang sama selama 24 jam. Setelah itu disterilkan pada suhu 120°C selama 20 menit, dilanjutkan dengan sentrifugasi untuk menghilangkan sisa-sisa sel bakteri. Ekstrak hasil fermentasi yang diperoleh digunakan sebagai ekstrak obat herbal. Hasil menunjukkan bahwa ekstrak stevia yang difermentasi dengan LY45 dapat menekan kenaikan kadar serum aspartate aminotransferase (AST) dan alanine aminotransferase (ALT), masing-masing menurun dari 1106 menjadi 210 IU/L ($P < 0,05$) dan dari 591 menjadi 100 IU/L ($P < 0,05$).

Fermentasi Rimpang Temu Giring dengan *Lactobacillus bulgaricus*

Berdasarkan penelitian (Murelina & Wijayanti, 2018) pada Tabel 1, dilakukan ekstraksi rimpang temu giring segar menggunakan air dengan perbandingan (1:1). Pembuatan sari rimpang temu giring terfermentasi dengan bakteri *Lactobacillus bulgaricus* 6%. Hasil sebelum difermentasi total kandungan fenolik sari temu giring sebesar $9,47 \pm 2,04$ mgGAE/gram dan setelah difermentasi sebesar $61,33 \pm 1,64$ mgGAE/gram. Kadar fenolik total mengalami peningkatan setelah difermentasi dengan bakteri *Lactobacillus bulgaricus*.

Peningkatan kandungan fenolik total pada hasil fermentasi disebabkan oleh reaksi enzimatis pada substrat, yang melepaskan senyawa fenolik sebagai produk akhir. Fermentasi alami dengan mikroorganisme merangsang penurunan pH, mengaktifkan enzim yang terlibat dalam hidrolisis polifenol kompleks, dan menghasilkan polifenol

yang lebih aktif, sederhana, dan lebih tinggi (Wijayanti & Setiawan, 2017).

PENUTUP

Proses fermentasi pada sampel tanaman dapat mempengaruhi peningkatan kandungan kimia (polifenol, flavonoid) serta aktivitas farmakologinya. Beberapa tanaman tersebut yaitu diantaranya rimpang kunyit, buah stroberi, bunga jeruk manis, teh hitam, kacang kedelai, daun kelor, daun alpukat, buah delima, daun stevia, dan rimpang temu giring. Beberapa mikroorganisme yang dapat digunakan dalam proses fermentasi yaitu *Aspergillus Oryzae*, *Saccharomyces cerevisiae*, *L. plantarum*, *L. pentosus*, *L. brevis*, *B. Subtilis*, *Pediococcus acidilactici*, *Pediococcus pentosaceus*, *Leuconostoc mesenteroides subsp. Mesenteroides*, *Lactobacillus bulgaricus*.

Mikroorganisme yang banyak digunakan dalam proses fermentasi yaitu bakteri *B. Subtilis* dan *L. brevis*, dapat meningkatkan kadar fenol total dan meningkatkan aktivitas antioksidan. Adapun faktor yang berpengaruh pada proses fermentasi dalam meningkatkan kandungan kimia serta aktivitas farmakologi dari suatu tanaman yaitu metode perlakuan, lama waktu fermentasi (inkubasi), mikroorganisme yang digunakan serta konsentrasi inokulum yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, MW., Ilayas, MZ., Saeed, MT., & Shin, DH. Comparative Assessment Regarding Antioxidative and Nutrition Potential of *Moringa oleifera* Leaves by Bacterial Fermentation. *Journal of food science and technology*. 2020; 57(3):110-1118.
- Ali, MW., Shahzad, R., Bilal, S., Adhikari, B., Kim, ID., Lee, JD., & Shin, DH. Comparison of antioxidants potential, metabolites, and

- nutritional profiles of Korean fermented soybean (Cheonggukjang) with *Bacillus subtilis* KCTC 13241. *Journal of food science and technology*. 2018; 55: 2871-2880.
- Anggraini, D., Fernando, A., & Elisa, N. (2018). Formulasi Losion Antioksidan Ekstrak Buah Stroberi (*Fragaria Ananassa*). *Pharmaceutical Journal of Indonesia*. 2018; 14(2): 153-161.
- Berghofer, E., Grzeskowiak, B., Mundigler, N., Sentall, WB., & Walczak, J. Antioxidative properties of faba bean-, soybean-and oat tempeh. *International journal of food sciences and nutrition*. 1998; 49(1): 45-54.
- Chen, CY., Hu, CY., Chen, YH., Li, YT., & Chung, YC. Submerged fermentation with *Lactobacillus brevis* significantly improved the physiological activities of *Citrus aurantium* flower extract. *Heliyon*. 2022; 8(9).
- Dai, W., Qi, D., Yang, T., Lv, H., Guo, L., Zhang, Y., & Lin, Z. Nontargeted Analysis Using Ultraperformance Liquid Chromatography–Quadrupole Time-Of-Flight Mass Spectrometry Uncovers The Effects Of Harvest Season On The Metabolites And Taste Quality Of Tea (*Camellia sinensis* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2015; 63(44): 9869-9878.
- De Montijo-Prieto, S., Razola-Díaz, MDC., Barbieri, F., Tabanelli, G., Gardini, F., Jiménez-Valera, M., & Gómez-Caravaca, A. M. Impact of lactic acid bacteria fermentation on phenolic compounds and antioxidant activity of avocado leaf extracts. *Antioxidants*. 2023; 12(2): 298.
- Fikayuniar, L., Gunarti, NS., & Apriliani, M. Uji aktivitas antibakteri ekstrak etanol rimpang kunyit (*Curcuma longa* L.) terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Pseudomonas aeruginosa*. *Pharma Xplore: Jurnal Sains dan Ilmu Farmasi*. 2019; 4(1): 278-287.
- Hwang, CE., Seo, WT., & Cho, KM. Enhanced Antioxidant Effect Of Black Soybean By Cheonggukjang With Potential Probiotic *Bacillus subtilis* CSY191. *Korean Journal of Microbiology*. 2013; 49(4): 391-397.
- Hariato, I. K. Uji Daya Hambat Perasan Rimpang Kunyit (*Curcuma longa* L.) Terhadap Pertumbuhan *Candida Albican*. *Pharmacon*. 2017; 6(2): 1-6.
- Li, X., Chen, Y., Lai, Y., Yang, Q., Hu, H., & Wang, Y. Sustainable Utilization of Traditional Chinese Medicine Resources: Systematic Evaluation on Different Production Modes. *Evidence-based Complementary and Alternative Medicine*. 2015; 1-10. <https://doi.org/10.1155/2015/218901>
- Li, SW., Yuan, G., Deng, P., Wang, P., Yang, BB., Aggarwal. Chemical composition and product quality control of turmeric (*Curcuma longa* L.). *Pharmaceuti Crops*. 2011; 2: 28-54
- Ma, Q., Noda, M., Danshiitsoodol, N., & Sugiyama, M. Fermented Stevia Improves Alcohol Poisoning Symptoms Associated with Changes in Mouse Gut Microbiota. *Nutrients*. 2023; 15(17): 3708.
- Muñoz, R., de Las Rivas, B., de Felipe, FL., Reverón, I., Santamaría, L., Esteban-Torres, M., & Landete, JM. (2017). *Biotransformation Of Phenolics By Lactobacillus plantarum In Fermented Foods*. In *Fermented foods in health and disease prevention* (pp. 63-83). Academic Press.
- Murelina, E. M., & Wijayanti, E. D. (2018). Perbandingan Kadar Fenolik Total Sari Rimpang Temu Giring (*Curcuma heyneana*) Segar dan Terfermentasi. *JC-T (Journal Cis-Trans): Jurnal Kimia dan Terapannya*, 2(2), 4-20.
- Novitasari, R. Studi pembuatan sirup jeruk manis pasaman (*Citrus sinensis* Linn.). *Jurnal Teknologi Pertanian*. 2018; 7(2): 1-9.
- Nugraha, AS., Agustina, RP., Mirza, S., Rani, DM., Winarto, NB., Triatmoko, B., Nugraha, A., Pratama, W., Keller, PA., & Wangchuk, P. Phytochemistry and Pharmacology of Medicinal Plants Used by the Tenggerese Society in Java Island of Indonesia. *Molecules*. 2022; 27(21): 7532.
- Patala, R., Anggi, V., Paula, I., & Sakina, N. Aktivitas Analgesik dan Antiinflamasi Nanoemulsi Ekstrak Etanol Rimpang Kunyit (*Curcuma longa* L.) secara In Vivo. *Journal of Pharmaceutical and Sciences*. 2023; 6(4),

1795-1803.

- Pogačar, MŠ., Turk, DM., & Fijan, S. Knowledge of fermentation and health benefits among general population in North - eastern Slovenia. *BMC Public Health*. 2022; 22(1): 1–11. <https://doi.org/10.1186/s12889-022-14094-9>.
- Pradipta, IS., Aprilio, K., Febriyanti, RM., Ningsih, YF., Andhika, M., Pratama, A., Indradi, RB., Gatera, A., & Alfian, SD. Traditional medicine users in a treated chronic disease population: a cross - sectional study in Indonesia. *BMC Complementary Medicine and Therapies*. 2023; 23(120): 1–9. <https://doi.org/10.1186/s12906-023-03947-4>
- Prihardini, P., & Basuki, DR. Uji Aktivitas Antianemia Ekstrak Etanol Dan Perasan Rimpang Kunyit (*Curcuma Longa* Linn.) Ditinjau Dari Peningkatan Kadar Haemoglobin Dan Eritrosit Pada Tikus Galur Wistar Dengan Penginduksi NaNO₂ Secara In Vivo. *Jurnal Wiyata: Penelitian Sains dan Kesehatan*. 2020; 6(2): 117-127.
- Ramadhanil, R., & Elijonahdi, E. Aplikasi Ilmu Biologi Dalam Pendidikan dan Pembangunan Berwawasan Lingkungan Berbasis Sumberdaya Alam. *Biocelebes*. 2011; 5(2): 105-116
- Rizkayanti, R., Diah, AW. M., & Jura, MR. (2017). Uji aktivitas antioksidan ekstrak air dan ekstrak etanol daun kelor (*Moringa oleifera* LAM). *Jurnal Akademika Kimia*. 2017; 6(2): 125-131.
- Sanjukta, S., Rai, AK., Muhammed, A., Jeyaram, K., & Talukdar, NC. Enhancement Of Antioxidant Properties Of Two Soybean Varieties Of Sikkim Himalayan Region By Proteolytic *Bacillus subtilis* fermentation. *Journal of Functional Foods*. 2015; 14: 650-658.
- Sari, B. M. Identifikasi Tingkat Kematangan Buah Stoberi Berdasarkan Warna RGB dengan Menggunakan Metode Regionprops. *TIN: Terapan Informatika Nusantara*. 2020; 1(5): 225-230.
- Septiana, E., & Simanjuntak, P. Aktivitas Antimikroba Dan Antioksidan Ekstrak Beberapa Bagian Tanaman Kunyit (*Curcuma longa*). *Fitofarmaka: Jurnal Ilmiah Farmasi*. 2015; 5(1): 1-10.
- Sulasiyah, S., Sarjono, PR., & Aminin, AL. Antioxidant from turmeric fermentation products (*Curcuma longa*) by *Aspergillus oryzae*. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*. 2018; 21(1): 13-18.
- Suprihatin, T., Rahayu, S., Rifa'i, M., & Widyarti, S. Senyawa pada serbuk rimpang kunyit (*Curcuma longa* L.) yang berpotensi sebagai antioksidan. *Buletin Anatomi dan Fisiologi*. 2020; 5(1): 35-42.
- Susanty, S., Yudistirani, SA., & Islam, MB. Metode Ekstraksi Untuk Perolehan Kandungan Flavonoid Tertinggi Dari Ekstrak Daun Kelor (*Moringa Oleifera* Lam). *Jurnal Konversi*. 2019; 8(2): 6.
- Wang, Y., Wu, J., Lv, M., Shao, Z., Hungwe, M., Wang, J., & Geng, W. Metabolism characteristics of lactic acid bacteria and the expanding applications in food industry. *Frontiers in bioengineering and biotechnology*. 2021; 9: 612285.
- Wijayanti, ED., & Setiawan, NCE. The Effect Of Lactic Acid Fermentation On Fig (*Ficus carica*) Fruit Flavonoid. *Berkala Penelitian Hayati Journal Of Biological Researches*. 2017; 23(1): 39-44.
- Xiao, L., Yang, C., Zhang, X., Wang, Y., Li, Z., Chen, Y., *et al.* Effects of solid-state fermentation with *Bacillus subtilis* LK-1 on the volatile profile, catechins composition and antioxidant activity of dark teas. *Food Chemistry: X*. 2023; 19: 100811.
- Yang, W., Liu, J., Liu, H., Zhang, Q., Lv, Z., & Jiao, Z. Characterization of stoberi purees fermented by *Lactobacillus* spp. based on nutrition and flavor profiles using LC-TOF/MS, HS-SPME-GC/MS and E-nose. *LWT*. 2023; 189: 115457.