

Pengaruh Lama Waktu Fermentasi Daun Kelor (*Moringa oleifera*) dengan Bakteri Asam Laktat Terhadap Konsentrasi Asam Amino
Effect of Fermentation Time of Moringa Leaves (*Moringa oleifera*) with Lactic Acid Bacteria on Amino Acids Concentration

Annisa Sekar Aprisa^{1a}, Dudung Angkasa¹, Putri Ronitawati¹, Prita Dhyani¹, Reza Fadhila¹

¹Prodi Ilmu Gizi, Fakultas Ilmu-ilmu Kesehatan, Universitas Esa Unggul, Jl. Arjuna Utara, Jakarta Barat, 11510

^aKorespondensi : Dudung Angkasa, E-mail: dudung.angkasa@esaunggul.ac.id

Diterima: 14 – 05 – 2024 , Disetujui: 30 – 08 – 2024

ABSTRACT

Moringa (*Moringa oleifera*) is a nutrient-densed food that can be used as a food source and possess pharmacological properties. Fermented Moringa has a better amino acid profiles and potentially has a greater digestibility. Nevertheless, the effect of lactic acid bacteria as fermentation culture on Moringa's amino acid profiles is warrant for investigation. The purpose of this study was to determine the effect of the Moringa's fermentation with lactic acid bacteria on its nutritional value, especially amino acid. In this study, Moringa leaves were fermented with lactic acid bacteria for 0, 24, and 48 hours. Amino acid concentrations with fermentation 0, 24, and 48 hours respectively were 1007.94 mg/kg, 1304.13 mg/kg, and 521.12 mg/kg, where the highest concentration of amino acids was in Moringa leaves which were fermented for 24 hours. The concentrations of various amino acids in Moringa leaves were measured by High Performance Liquid Chromatography. The best treatment was 24 hours of fermentation, where the total amino acid (TAA) was 1304.13 mg/kg.

Keywords: Amino acid, Fermentation, Lactic acid bacteria (LAB), Moringa leaves

ABSTRAK

Tanaman kelor (*Moringa oleifera*) umumnya dikenal sebagai spesies tanaman cepat tumbuh yang kaya akan nilai gizi serta dapat dijadikan sebagai sumber makanan dan industri medis. Kelor yang terfermentasi menunjukkan konsentrasi asam amino yang lebih baik dan sangat berpotensi memperbaiki nilai cerna proteinnya. Namun, fermentasi kelor dengan kultur bakteri asam laktat masih sedikit ditemukan dalam literatur. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh dari proses fermentasi menggunakan bakteri asam laktat dalam meningkatkan nilai gizi khususnya asam amino untuk digunakan sebagai fortifikan protein. Pada penelitian ini, daun kelor difermentasikan dengan bakteri asam laktat dengan waktu inkubasi 0, 24 dan 48 jam. Konsentrasi asam amino 0, 24, dan 48 jam berturut-turut yaitu 1007,94 mg/kg, 1304,13 mg/kg, dan 521,12 mg/kg, dimana konsentrasi asam amino tertinggi yaitu pada daun kelor yang difermentasi selama 24 jam. Konsentrasi berbagai asam amino dalam daun kelor diukur dengan Kromatografi Cair Kinerja Tinggi. Perlakuan fermentasi terbaik ialah 24 jam dimana total asam amino mencapai 1304.13 mg/kg.

Kata Kunci: Asam amino, Bakteri Asam Laktat (BAL), Daun kelor, Fermentasi

PENDAHULUAN

Kelor umumnya merupakan spesies tanaman cepat tumbuh yang tersebar di daerah beriklim tropis dan subtropis serta dapat dijadikan sebagai sumber makanan dan industri medis. Tanaman kelor memiliki beberapa kelebihan yaitu daun kelor memiliki sifat obat, seperti anti-inflamasi, anti-oksidan, hepatoprotektif dan efek antibakteri (Zhang et al. 2020). Produk-produk yang dihasilkan dari beberapa tanaman seperti kelor relatif dianggap aman untuk dikonsumsi karena merupakan sumber bahan pengawet multifungsi dan mengandung senyawa bioaktif.

Semua bagian dari tanaman kelor dapat dimanfaatkan untuk tujuan yang berbeda (Zhang et al. 2020). Umumnya, daun kelor merupakan bagian dari tanaman kelor yang sering dimanfaatkan dan digunakan karena kaya akan beberapa senyawa bioaktif, protein, dan mineral. Dengan sifatnya tersebut inilah, tanaman kelor memungkinkan untuk diolah dan dibudidayakan sebagai produk pangan alternatif protein (Sakinah, Prangdimurti, and Palupi 2019). Akan tetapi, pemilihan bahan pangan sebagai sumber protein juga perlu mempertimbangkan mutu biologis pangan, yaitu daya cerna dan komposisi asam amino esensialnya (Sakinah, Prangdimurti, and Palupi 2019). Pemanfaatan daun kelor sendiri juga memiliki beberapa kendala yaitu rendahnya daya cerna serta enzim lipoksidae pada daun kelor yang menyebabkan bau langu dan rasa pahit sehingga beberapa orang kurang tertarik untuk mengonsumsinya (Khasanah and Astuti 2019).

Berdasarkan hal tersebut, berbagai macam serangkaian proses pengolahan dilakukan untuk meningkatkan mutu daun kelor. Peningkatan kualitas daun kelor melalui fermentasi menjadi satu pendekatan cara pengolahan yang cukup efisien. Namun, saat ini masih sedikit studi yang dilakukan mengenai upaya fermentasi pada daun kelor. Fermentasi adalah metode pengolahan makanan yang telah lama digunakan dengan tujuan meningkatkan daya simpan, palabilitas, daya cerna dan nilai gizi suatu makanan (Fadlallah, El Tinay, and Babiker 2010).

Starter yang sering digunakan pada produk fermentasi salah satunya yaitu bakteri asam laktat. Bakteri asam laktat menghasilkan berbagai jenis asam amino selama fermentasi dan manfaat asam amino pada kesehatan manusia telah diketahui dalam beberapa tahun terakhir. Asam amino digunakan dalam banyak aplikasi industri sebagai biokimia massal untuk menghasilkan berbagai macam produk seperti aditif pakan ternak, penambah rasa dalam bahan makanan atau sebagai bahan dalam produk kosmetik dan medis (D'Este, Alvarado-Morales, and Angelidaki 2018). Meskipun sama-sama merupakan bakteri asam laktat (BAL), tetapi setiap bakteri dapat memberikan hasil sensori serta karakteristik gizi yang berbeda-beda. Hal ini dibuktikan oleh penelitian yang dilakukan oleh Yansyah *et al.*, (2019) bahwa fermentasi susu dengan menggunakan starter bakteri dan persentase yang berbeda, maka menghasilkan hasil sensori dan karakteristik gizi yang berbeda.

Masih sedikit studi fermentasi kelor yang terpublikasi. Studi baru-baru ini oleh Waqas Ali dkk (Waqas Ali et al. 2020) dimana daun kelor fermentasi selama 0, 24, 48, 72 dan 96 jam menggunakan bakteri tunggal (*Bacillus subtilis*) menemukan profil asam amino yang lebih baik. Berdasarkan pengetahuan penulis, belum ada studi pengaruh fermentasi campuran kultur bakteri terhadap profil asam amino daun kelor. Hasil studi ini diharapkan berkontribusi terhadap pengolahan daun kelor lebih lanjut sehingga dapat digunakan untuk pembuatan produk kesehatan.

Dari uraian diatas, maka penelitian dilakukan untuk mengetahui pengaruh fermentasi terhadap konsentrasi total asam amino pada daun kelor serta mengamati

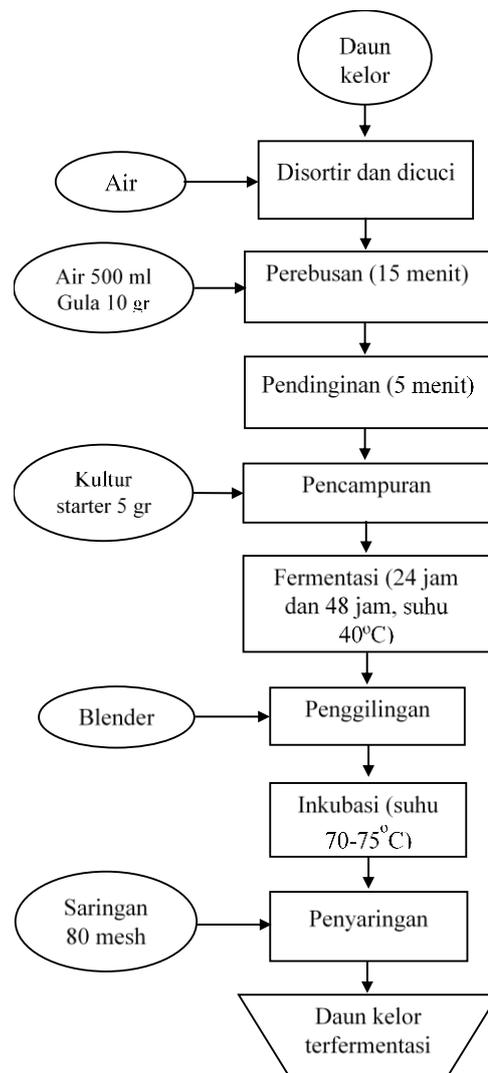
waktu fermentasi untuk memaksimalkan ketersediaan asam amino dengan bakteri asam laktat sebagai starter untuk fermentasi daun kelor.

MATERI DAN METODE

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan desain penelitian eksperimental laboratoris dengan tujuan untuk mengetahui dan membandingkan kadar asam amino pada kelor yang tidak difermentasi dan yang difermentasi.

Persiapan media, pemilihan starter dan fermentasi

Secara ringkas, tahapan penelitian ini meliputi pengambilan daun kelor segar, persiapan pembuatan sampel daun kelor dengan proses perebusan, pembuatan fermentasi daun kelor dengan penambahan *Yogurt Starter*, kemudian di inkubasi dalam oven. Selengkapnya dapat terlihat pada Gambar 1.



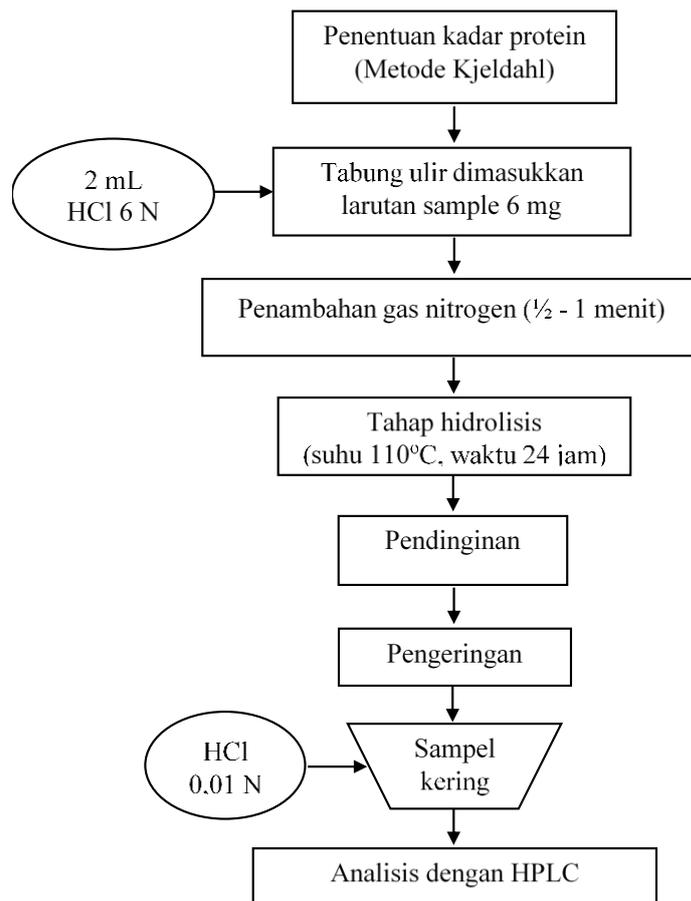
Gambar 1. Persiapan fermentasi daun kelor

Perlakuan fermentasi tepung berdasarkan variasi waktu inkubasi 0 jam (tanpa fermentasi), 24 jam dan 48 jam. Strain bakteri asam laktat yang digunakan yaitu starter yoghurt *ChuanXiu Lactobacillus Yogurt Starter* yang mengandung kultur *Lactobacillus*

bulgaricus, *Streptococcus thermophilus*, dan *Lactobacillus casei*. Hal ini merujuk pada penelitian serupa mengenai fermentasi kelor oleh (Waqas Ali et al. 2020) dengan menggunakan bakteri asam laktat yaitu *Bacillus subtilis* pada fermentasi *Moringa oleifera*.

Profil asam amino

Persiapan analisis profil asam amino pada daun kelor yang tidak difermentasi maupun yang telah difermentasi disajikan pada Gambar 2. Analisis menggunakan *HPLC (High Performance Liquid Chromatography)* dilakukan di Laboratorium Penguji Balai Besar Standarisasi dan Pelayanan Jasa Industri Agro (BBSPJIA).



Gambar 2. Persiapan uji HPLC sampel kelor terfermentasi

Kemudian penentuan asam amino pembatas kelor terfermentasi pun juga dilakukan dengan menggunakan rumus berikut:

$$\text{Skor asam amino} = \frac{\text{Jumlah AAE dalam protein sampel}}{\text{Jumlah AAE dalam protein standar}} \times 100 \text{ (BPOM 2019)}$$

Ket: AAE = Asam Amino Esensial

Skor kimia yang melebihi 100% tetap dinyatakan sebagai 100 sedangkan nilai yang dibawah dinyatakan sesuai hasil perhitungan.

Analisis sensori

Analisis sensori menggunakan indera perasa yang dapat digunakan untuk penilaian mutu ataupun keberhasilan produk fermentasi. Adapun analisis sensori pada studi, mengingat keterbatasan penelitian, dilakukan berdasarkan persepsi peneliti sendiri mengenai aspek rasa, tekstur, aroma, dan warna.

Analisis Data

Analisis data menggunakan SPSS bertujuan untuk mengetahui ada atau tidaknya hubungan antara variabel independen dengan variabel dependen yang diujikan menggunakan uji ANOVA dan kemudian uji Duncan, dengan taraf kepercayaan ($p < 0,05$). Jika hasil penelitian menunjukkan $p < 0,05$, maka dikatakan (H_0) ditolak, artinya kedua variabel secara statistik terdapat hubungan yang bermakna.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Asam Amino

Asam amino merupakan komponen utama penyusun protein (Liputo, Berhimpon, and Fatimah 2013). Ada total dua puluh asam amino penyusun protein (Purwaningsih, Salamah, and Apriyana 2013). Sembilan dari dua puluh asam amino tersebut merupakan asam amino esensial yang berarti tidak dapat diproduksi oleh tubuh sehingga sering harus ditambahkan dalam bentuk makanan, sedangkan sisanya merupakan asam amino non-esensial yang dapat diproduksi dalam tubuh (Liputo, Berhimpon, and Fatimah 2013; Wolfe 2017). Kemudian terdapat tiga asam amino rantai cabang (*Branched Chain Amino Acid*) di antara sembilan asam amino esensial bagi manusia, yaitu leusin, isoleusin, dan valin yang berperan penting dalam sinyal gizi (*nutrition signaling*) metabolisme, baik secara langsung maupun tidak langsung. Asam amino tersebut tidak dapat disintesis secara endogen oleh manusia sehingga harus dipasok dari makanan.

Studi ini menunjukkan kadar BCAA meningkat ketika difermentasi (Valine: 14.94 → 32.64 → 47.57, isoleusin: 3.73 → 14.30 → 94.95, dan leusin: 13.28 → 31.39 → 55.32). Kadar asam amino paling tinggi pada ketiga BCAA yaitu pada fermentasi selama 48 jam.

Tabel 1. Kandungan asam amino daun kelor hasil perlakuan kontrol selama fermentasi berturut-turut 0 jam, 12 jam dan 48 jam (mg/kg)

Asam Amino	Lama Fermentasi (Jam)		
	0	24	48
Asam Amino Esensial			
<i>a) Asam Amino Rantai Cabang (BCAA)</i>			
Isoleucine	3.73	14.30	94.95
Leucine	13.28	31.39	55.32
Valine	14.94	32.64	47.57
<i>b) Asam Amino Non-Rantai Cabang</i>			
Histidine	218.82	231.45	11.80
Lysine	91.02	33.00	5.82
Methionine	59.47	61.12	12.40
Phenylalanine	58.45	70.45	18.13
Threonine	18.90	38.46	43.14
Asam Amino Non-Esensial			
Alanine	37.85	57.64	40.01
Arginine	298.81	432.32	14.31

Aspartic Acid	32.00	71.37	40.59
Glutamate	104.39	123.88	23.62
Glycine	27.12	55.63	41.26
Tyrosine	7.43	13.47	37.42
Amino Acid Total	1007.94	1304.13	521.12

Perbedaan Total Asam Amino Sebelum dan Setelah Fermentasi

Berdasarkan Tabel 1 hasil perhitungan total asam amino daun kelor (*Moringa oleifera* L.) yang difermentasi starter bakteri asam laktat pada lama waktu 0 jam sebanyak 1007.94 mg/kg, 24 jam sebanyak 1304.13 mg/kg dan pada waktu 48 jam sebanyak 521.12 mg/kg. Studi ini menemukan bahwa waktu inkubasi fermentasi daun kelor terbaik yaitu pada 24 jam fermentasi. Hasil ini berbeda dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Waqas Ali et al. 2020) dimana pada penelitian tersebut, jumlah asam amino yang tersedia dalam daun kelor yang difermentasi dengan bakteri *Bacillus subtilis* meningkat pada 48 jam fermentasi dan waktu inkubasi tersebut merupakan pilihan terbaik untuk fermentasi daun kelor dalam meningkatkan kadar asam amino yang tersedia.

Perbedaan dari hasil penelitian ini bisa disebabkan dari beberapa faktor, salah satunya yaitu dari kultur bakteri yang digunakan pada saat proses fermentasi. Pada penelitian ini menggunakan campuran bakteri *Lactobacillus bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus*, dan *Lactobacillus casei*. Kultur bakteri ini dipilih karena belum ada studi literatur mengenai upaya fermentasi kultur-kultur bakteri asam laktat tersebut dengan daun kelor. Selain itu, di antara ketiga bakteri tersebut, bakteri *Lactobacillus bulgaricus* dan *Streptococcus thermophilus* memiliki peran yang berbeda, dimana *Lactobacillus bulgaricus* lebih berperan dalam pembentukan aroma, sedangkan *Streptococcus thermophilus* lebih berperan dalam pembentukan cita rasa dan tingkat keasaman yang dihasilkan (Hendarto et al. 2019). Penggunaan kultur bakteri juga dapat memengaruhi konsentrasi beberapa konsentrasi asam amino. Pada kultur campuran, sebagian besar asam amino lebih tinggi daripada kultur tunggal. Hal ini mungkin dikarenakan tingkat proteolisis dan produksi komponen beberapa asam amino yang tinggi. (Utami et al. 2020); (Li et al. 2022); (Choińska et al. 2022)

Asam Amino Esensial

Kadar asam amino histidin paling tinggi yaitu pada sampel kontrol dan pada perlakuan 24 jam. Kadar ini lebih tinggi dari standar kebutuhan asam amino menurut rekomendasi FAO/WHO (World Health Organization 2007). Untuk leusin dan valin, perlakuan selama 48 jam menghasilkan kadar yang paling tinggi dan perlakuan sampel kontrol menghasilkan kadar yang paling rendah. Kadar lisin yang paling maksimal yaitu pada perlakuan 24 jam, sedangkan 48 jam kadar lisin menurun drastis. Kadar isoleusin yang memenuhi kebutuhan sesuai dengan rekomendasi FAO/WHO yaitu pada kontrol dan perlakuan 24 dan 48 jam, leusin pada 48 jam, dan valin pada perlakuan 24 jam dan 48 jam.

Tabel 2. Kebutuhan asam amino menurut FAO/WHO (World Health Organization 2007)

Asam Amino Esensial	Kebutuhan (mg/kg/d) (FAO/WHO 2007)	Fermentasi <i>Moringa</i> (mg/kg)		
		0 jam	24 jam	48 jam
Histidine	10	218.82	231.45	11.80
Isoleucine	20	3.73	14.30	94.95
Leucine	39	13.28	31.39	55.32

Lycine	30	91.02	33.00	5.82
Methionine	10	59.47	61.12	12.40
Threonin	15	18.90	38.46	43.14
Valine	26	14.94	32.64	47.57

Skor Asam Amino dan skor kimia

Penentuan nilai skor asam amino dilakukan untuk mengetahui seberapa banyak asam amino esensial dalam suatu sumber protein yang disalurkan terhadap kebutuhan manusia. Asam amino pembatas berbeda untuk setiap perlakuan baik tanpa fermentasi maupun dengan fermentasi. Adanya perbedaan asam amino pembatas ini diduga menunjukkan adanya pengaruh perbedaan metode perlakuan fermentasi terhadap asam amino pada suatu produk, seperti yang diindikasikan pada penelitian (Dewi *et al.* 2010), yang melihat perbedaan asam amino dengan cara HPLC pada dendeng ikan hiu.

a) Tanpa fermentasi

Tabel 3. Skor asam amino pada kelor tanpa fermentasi

Asam Amino Esensial	Kadar dalam sampel (mg/kg)	Referensi FAO/WHO (2007) (mg/kg/d)	Skor asam amino
Leusin	3.73	39	10
Lisin	91.02	30	100
Metionin	59.47	10	100
Treonin	14.94	15	95
Valin	3.73	26	15

Dari tabel di atas, dapat dilihat bahwa leusin memiliki skor asam amino 10 yang merupakan angka terendah pertama dan valin dengan skor asam amino 15 yang merupakan angka terendah kedua. Hal ini berarti skor kimia kelor tanpa fermentasi adalah 10 dengan asam amino pembatas utamanya yaitu leusin dan asam amino pembatas keduanya valin.

b) Fermentasi 24 jam

Tabel 4. Skor asam amino pada kelor fermentasi 24 jam

Asam Amino Esensial	Kadar dalam sampel (mg/kg)	Referensi FAO/WHO (2007) (mg/kg/d)	Skor asam amino (%)
Leusin	231.45	39	100
Lisin	14.30	30	45
Metionin	33.00	10	100
Treonin	38.46	15	100
Valin	32.64	26	100

Dari tabel di atas, dapat dilihat bahwa lisin memiliki skor asam amino 45. Hal ini berarti skor kimia kelor dengan fermentasi 24 jam adalah 45 dengan asam amino pembatas yaitu lisin.

c) Fermentasi 48 jam

Tabel 4. Skor asam amino pada kelor fermentasi 48 jam

Asam Amino Esensial	Kadar dalam sampel (mg/kg)	Referensi FAO/WHO (2007) (mg/kg/d)	Skor asam amino (%)
---------------------	----------------------------	------------------------------------	---------------------

Leusin	11.80	39	30
Lisin	94.95	30	100
Metionin	5.82	10	55
Treonin	43.14	15	100
Valin	47.57	26	100

Dari tabel di atas, dapat dilihat bahwa leusin memiliki skor asam amino 30 yang merupakan angka terendah pertama dan metionin dengan skor asam amino 55 yang merupakan angka terendah kedua. Hal ini berarti skor kimia kelor dengan fermentasi 48 jam adalah 30 dengan asam amino pembatas utamanya yaitu leusin dan asam amino pembatas keduanya metionin.

Perbedaan kadar asam amino pembatas pada hasil di atas mengindikasikan peran fermentasi dalam modifikasi profil asam amino. Studi lain membandingkan nilai gizi pada biji daun kelor mentah, kecambah dan terfermentasi menunjukkan hal yang serupa dimana kadar total protein meningkat tajam dengan adanya fermentasi begitu juga sebagian besar asam amino esensial mengalami peningkatan. (Ijarotimi, Adeoti, and Ariyo 2013). Studi Cabuk et al melakukan fermentasi dengan *Lactobacillus plantarum* untuk menghilangkan senyawa non-gizi kacang polong menemukan bahwa pencernaan protein meningkatkan setelah 5 jam fermentasi sedangkan skor asam amino mengandung sulfur mengalami penurunan setelah 11 jam (Çabuk et al. 2018). Hasil studi kami pada 48 jam menunjukkan metionin sebagai salah satu asam amino mengandung sulfur mengalami penurunan. Walau studi kami dengan Cabuk et al tidak dapat dibandingkan seutuhnya, setidaknya persamaan terlihat pada pengaruh fermentasi dalam memodifikasi profil asam amino.

Analisis Sensori

Proses fermentasi dapat meningkatkan mutu kelor dengan cara memperbaiki sensorinya baik dari tekstur, rasa, aroma, maupun warnanya. Tekstur adalah salah satu parameter yang dapat dirasakan melalui indra peraba maupun indra pengecap. Pada penelitian ini, dari segi tekstur daun kelor yang tidak difermentasi masih sangat kasar. Kemudian setelah difermentasi selama 24 jam, tekstur sedikit lebih halus, namun masih meninggalkan serat-serat kasar. Pada fermentasi 48 jam, tekstur ekstrak daun kelor lebih halus. Tekstur yang lebih halus ini mungkin karena terjadinya penurunan kadar pH selama proses fermentasi yang dilanjutkan dengan pengeringan pada suhu tinggi. Penelitian Oloyede dkk yang meneliti sifat fisik biji kelor yang telah dihilangkan lemak (*defatted seed*) berdasarkan beberapa waktu fermentasi menunjukkan peningkatan kapasitas penyerapan air sejalan dengan waktu fermentasi tetapi nilai Kamba (*bulk density*) menurun. Tingkat kekentalan (*viscosity*) juga meningkat seiring waktu fermentasi (Oloyede et al. 2016). Studi lain (Correia et al. 2010) menunjukkan bahwa fermentasi bakteri asam laktat (BAL) pada tepung sorgum dan dilanjut dengan pengeringan pada suhu 60°C akan menurunkan pH tepung sorgum akan menghasilkan produk roti dengan remahan tekstur yang lebih lembut. Hal ini mungkin diakibatkan oleh penurunan aktivitas *malt amylase* dan peningkatan kapasitas pengikatan air (*water holding capacity*) oleh pati (Purwantiningsih, Bria, and Kia 2022).

Rasa adalah parameter yang berperan penting dalam pemilihan makanan oleh konsumen. Terkait rasa pada kelor yang tidak difermentasi, rasa yang ditimbulkan yaitu rasa pahit pada kelor. Rasa pahit ini karena disebabkan adanya senyawa tanin pada kelor. Kemudian ketika difermentasi selama 24 jam, rasa pahit daun kelor masih ada, namun berkurang secara signifikan, sedangkan pada fermentasi 48 jam rasa ekstrak daun kelor

hambur dan tidak pahit. Pembentukan rasa pada kelor ini dihasilkan melalui penguraian lemak dan protein kompleks menjadi senyawa-senyawa yang lebih sederhana (Fajri *et al.* 2014).

Aroma merupakan salah satu parameter penentu kelezatan suatu produk. Hal ini merupakan salah satu daya tarik bagi konsumen. Pada hasil ekstrak daun kelor yang tidak difermentasi, terdapat bau langu yang menyengat yang dihasilkan dari daun kelor karena adanya senyawa volatil pada daun kelor. Pada ekstrak daun kelor yang difermentasi selama 24 jam dan 48 jam, bau langu berkurang secara signifikan daripada daun kelor yang tidak difermentasi. Terdapat *Lactobacillus bulgaricus* dan *Streptococcus thermophilus* strain bakteri, dimana kedua bakteri ini memiliki peran yang berbeda. *Lactobacillus bulgaricus* lebih berperan dalam pembentukan aroma, sedangkan *Streptococcus thermophilus* lebih berperan dalam pembentukan cita rasa dan tingkat keasaman yang dihasilkan (Hendarto *et al.* 2019).

Salah satu parameter yang dilihat pertama kali pada suatu produk adalah warna dari produk tersebut. Oleh karena itu warna merupakan parameter penting pada saat konsumen memilih produk serta warna dapat menjadi acuan konsumen untuk menilai visual produk. Berdasarkan hasil dari ekstrak daun kelor, tidak terdapat perbedaan yang signifikan dari daun kelor yang tidak difermentasi (0 jam), difermentasi selama 24 jam dan difermentasi selama 48 jam. Warna hijau dari ekstrak daun kelor berasal dari pigmen hijau (klorofil) yang ada pada daun kelor.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Aznury *et al.* 2021) mengenai fermentasi kelor pada yogurt, diketahui bahwa penilaian dari segi warna, semakin tinggi konsentrasi daun kelor, maka warna pada yogurt daun kelor akan semakin menghasilkan warna hijau yang lebih menarik.

KESIMPULAN

Studi menemukan kadar asam amino paling baik yaitu pada perlakuan fermentasi daun kelor dengan menggunakan bakteri asam laktat selama 24 jam. Asam amino histidin, metionin dan treonin memenuhi standar pada ketiga perlakuan durasi fermentasi. Penggunaan bakteri asam laktat pada fermentasi daun kelor mempengaruhi aroma, rasa dan tekstur tepung kelor.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami ucapkan kepada pihak Laboratorium Penguji Balai Besar Standarisasi dan Pelayanan Jasa Industri Agro (BBSPJIA). Manuskrip ini telah diikutsertakan pada Scientific Article Writing Training (SAWT) Batch VIII, Program Kerja GREAT 4.1e, Program Studi S1 Gizi, FIKES Universitas Esa Unggul (Angkasa *et al.* 2020).

DAFTAR PUSTAKA

- Angkasa, Dudung *et al.* 2020. 1 *Program Kerja U GO GREAT*. Jakarta: Perpustakaan Universitas Esa Unggul. <https://digilib.esaunggul.ac.id/program-kerja-u-go-great-program-studi-s1-ilmu-gizi-17032.html>.
- Aznury, Martha *et al.* 2021. "Effect of Fermentation Time and Percentage of Moringa (Moringa Oleifera) Flour Variations on Vitamin C of Yogurt." *Proceedings of the 4th Forum in Research, Science, and Technology (FIRST-T1-T2-2020)* 7: 376–83.
- BPOM. 2019. *PEDOMAN EVALUASI MUTU GIZI DAN NON GIZI PANGAN*.

- Çabuk, Burcu et al. 2018. "Effect of Fermentation on the Protein Digestibility and Levels of Non-Nutritive Compounds of Pea Protein Concentrate." *Food technology and biotechnology* 56(2): 257.
- Choińska, Renata et al. 2022. "Starter Culture-Related Changes in Free Amino Acids, Biogenic Amines Profile, and Antioxidant Properties of Fermented Red Beetroot Grown in Poland." *Scientific Reports* 12(1).
- Correia, Isabel et al. 2010. "Screening of Lactic Acid Bacteria Potentially Useful for Sorghum Fermentation." *Journal of Cereal Science* 52(1): 9–15.
- D'Este, Martina, Merlin Alvarado-Morales, and Irini Angelidaki. 2018. "Amino Acids Production Focusing on Fermentation Technologies – A Review." *Biotechnology Advances* 36(1): 14–25.
- Dewi, R, Huda N, Ahmad R, and Abdullah W. 2010. "Mutu Protein Dendeng Ikan Hiu Yang Diolah Dengan Cara Pengeringan Berbeda | Dewi | Jurnal Pascapanen Dan Bioteknologi Kelautan Dan Perikanan." <http://www.bbp4b.litbang.kkp.go.id/jurnal-jpbkp/index.php/jpbkp/article/view/429/275> (February 26, 2023).
- Fadlallah, Omima E., Abdullahi H. El Tinay, and Elfadil E. Babiker. 2010. "Biochemical Characteristics of Sorghum Flour Fermented and/or Supplemented with Chickpea Flour." *World Academy of Science, Engineering and Technology* 37(1): 1087–91.
- Fajri, Yuniati, A A Sukarso, Dewa Ayu, and Citra Rasmi. 2014. "Fermentasi Ikan Kembung (*Rastrelliger Sp.*) Dalam Pembuatan Peda Dengan Penambahan Bakteri Asam Laktat (BAL) Yang Terkandung Dalam Terasi Empang Pada Berbagai Konsentrasi Garam."
- Hendarto, David Richard, Arita Putri Handayani, Elisa Esterelita, and Yoga Aji Handoko. 2019. 8 J. Sains Dasar *MEKANISME BIODIVERSITAS DAN OPTIMALISASI Lactobacillus Bulgaricus DAN Streptococcus Thermophilus DALAM PENGOLAHAN YOGHURT YANG BERKUALITAS BIOCHEMISTRY MECHANISM AND OPTIMIZATION Lactobacillus Bulgaricus AND Streptococcus Thermophilus IN PROCESSING QUALITY YOGHURT.*
- Ijarotimi, Oluwole S., Oluwole A. Adeoti, and Oluwaseun Ariyo. 2013. "Comparative Study on Nutrient Composition, Phytochemical, and Functional Characteristics of Raw, Germinated, and Fermented *Moringa Oleifera* Seed Flour." *Food Science & Nutrition* 1(6): 452–63.
- Khasanah, Via, and Pudji Astuti. 2019. "Pengaruh Penambahan Ekstrak Dau Kelor (*Moringa Oleifera*) Terhadap Kualitas Inderawi Dan Kandungan Protein Mie Basah Substitusi Tepung Mocaf." *Jurnal Kompetensi Teknik* 11(2): 15–21.
- Li, Yandie et al. 2022. "Differences between Kazak Cheeses Fermented by Single and Mixed Strains Using Untargeted Metabolomics." *Foods* 11(7).
- Liputo, Siti Aisa, S Berhimpon, and Dan Feti Fatimah. 2013. "Analisa Nilai Gizi Serta Komponen Asam Amino Dan Asam Lemak Dari Nugget Ikan Nike (*Awaous Melanocephalus*) Dengan Penambahan Tempe." *Chemistry Progress* 6(1): 38–44.
- Oloyede, Omobolanle O. et al. 2016. "Effects of Fermentation Time on the Functional and Pasting Properties of Defatted *M Oringa Oleifera* Seed Flour." *Food Science & Nutrition* 4(1): 89–95.
- Purwaningsih, Sri, Ella Salamah, and Gian P Apriyana. 2013. "PROFIL PROTEIN DAN ASAM AMINO KEONG IPONG-IPONG (*Fasciolaria Salmo*) PADA PENGOLAHAN YANG BERBEDA." *Jurnal Gizi dan Pangan* 8(1): 77.

- Purwantiningsih, Theresia Ika, Maria Adlofina B Bria, and Kristoforus W Kia. 2022. "Levels Protein and Fat of Yoghurt Made of Different Types and Number of Cultures." *Journal of Tropical Animal Science and Technology* 4(1): 66–73.
- Sakinah, Ni'mawati, Endang Prangdimurti, and Nurheni Sri Palupi. 2019. "Kandungan Gizi Dan Mutu Protein Tepung Biji Kelor Terfermentasi." *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan* 30(2): 152–60.
- Utami, Tyas et al. 2020. "Preparation of Indigenous Lactic Acid Bacteria Starter Cultures for Large Scale Production of Fermented Milk." *Digital Press Life Sciences* 2: 00010.
- Waqas Ali, Muhammad, Muhammad Zahaib Ilays, Muhammad Tariq Saeed, and Dong-Hyun Shin. 2020. "Comparative Assessment Regarding Antioxidative and Nutrition Potential of Moringa Oleifera Leaves by Bacterial Fermentation."
- Wolfe, Robert R. 2017. "Branched-Chain Amino Acids and Muscle Protein Synthesis in Humans: Myth or Reality?"
- World Health Organization. 2007. WHO Technical Report Series *Protein and Amino Acid Requirements in Human Nutrition. Report of a Joint WHO/FAO/UNU Expert Consultation.*
- Zhang, Xuhui et al. 2020. "Effects of Dietary Fish Meal Replacement by Fermented Moringa (*Moringa Oleifera* Lam.) Leaves on Growth Performance, Nonspecific Immunity and Disease Resistance against *Aeromonas Hydrophila* in Juvenile Gibel Carp (*Carassius Auratus* Gibelio Var. CAS III)." *Fish and Shellfish Immunology* 102: 430–39.