Journal of Food Security and Agroindustry, Vol. 4 No. 3, October 2026, pages 242–257
Available online at: https://pakisjournal.com/index.php/jfsa
e-ISSN: 2986-0563

RESEARCH ARTICLE

Chemical and Sensory Characteristics of Hard candy Added with Ginger (Zingiber officinale) Juice and Moringa (Moringa oleifera) Leaf Extract

Karakteristik Kimia dan Sensoris *Hard candy* dengan Penambahan Sari Jahe (*Zingiber officinale*) dan Ekstrak Daun Kelor (*Moringa oleifera*)

Wahid Wirawan[1*], Sakir Sakir[2], Muhammad Syukri Sadimantara[3]

[1*]*Teknologi Pangan, Universitas Halu Oleo, Kendari, Indonesia.* wahidwirawan@uho.ac.id ***Corresponding Author**

[2]*Teknologi Pangan, Universitas Halu Oleo, Kendari, Indonesia.* sakir.bani@uho.ac.id

[3]*Teknologi Pangan, Universitas Halu Oleo, Kendari, Indonesia.* syukrisadimantara@uho.ac.id

Abstract. *Conventional hard candy generally consists only of sucrose and glucose syrup without botanical extracts. Incorporating ginger (Zingiber officinale) juice and aqueous moringa (Moringa oleifera) leaf extract modifies the chemical and organoleptic properties of hard candy. This study aimed to evaluate the chemical and sensory characteristics of hard candy formulated with varying combined proportions of ginger juice and moringa leaf extract. A single-factor completely randomized design (CRD) compared five combined formulations (F1–F5) across three independent batches within a sucrose (75 g) and glucose syrup (25 g) matrix, combining increasing ginger juice levels (0.2%, 0.8%, 1.2%, 1.5%, and 1.8% w/w of sugar base) with decreasing ratios of moringa leaf extract to distilled water (50:10, 40:20, 30:30, 20:40, and 10:50 mL; total liquid 60 mL). Chemical parameters—1% (w/v) sample solution pH, moisture, and ash content—were analyzed descriptively (mean±SD), while hedonic evaluation by 20 panelists across all formulations was analyzed using Kruskal-Wallis and Mann-Whitney tests ($\alpha = 0.05$). Shifting formulations from F1 to F5 decreased 1% solution pH (6.86±0.01 to 6.54±0.01) and moisture content (3.21±0.01% to 0.42±0.01%) while increasing ash content (0.10±0.01% to 1.03±0.06%), with moisture and ash complying with SNI 3547.1:2008. Formulations significantly affected hedonic scores for color ($p < 0.001$), aroma ($p < 0.001$), taste ($p = 0.001$), texture ($p < 0.001$), and overall acceptability ($p < 0.001$). Formulation F5 (1.8% ginger juice and 10:50 mL moringa extract:water) was the best treatment, achieving the highest scores for color (4.90), aroma (4.60), taste (4.95), texture (4.90), and overall acceptability (4.80), and is recommended for further development.*

Keywords*: chemical characteristics, ginger juice, hard candy, moringa leaf extract, sensory evaluation.*

Abstrak. *Hard candy* konvensional umumnya hanya tersusun atas sukrosa dan sirup glukosa tanpa penambahan ekstrak herbal. Penambahan sari jahe (Zingiber officinale) dan ekstrak cair daun kelor (Moringa oleifera) dapat memodifikasi sifat kimia serta profil organoleptik permen. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi karakteristik kimia dan sensoris *hard candy* pada berbagai kombinasi sari jahe dan ekstrak daun kelor. Penelitian eksperimental menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) satu faktor dengan lima formulasi gabungan (F1–F5) dalam tiga batch independen pada matriks sukrosa (75 g) dan sirup glukosa (25 g), mengombinasikan peningkatan sari jahe (0,2%; 0,8%; 1,2%; 1,5%; dan 1,8% b/b basis gula) serta penurunan rasio ekstrak daun kelor terhadap akuades (50:10, 40:20, 30:30, 20:40, dan 10:50 mL; total cairan 60 mL). Parameter kimia meliputi pH larutan (1% b/v), kadar air, dan kadar abu yang dianalisis secara deskriptif (mean±SD), sedangkan evaluasi hedonik oleh 20 panelis pada seluruh formulasi dianalisis menggunakan uji Kruskal-Wallis dan Mann-Whitney (α=0,05). Pergeseran formulasi F1 hingga F5 menurunkan pH larutan 1% (6,86±0,01 menjadi 6,54±0,01) dan kadar air (3,21±0,01% menjadi 0,42±0,01%), serta meningkatkan kadar abu (0,10±0,01% menjadi 1,03±0,06%), dengan kadar air dan abu memenuhi SNI 3547.1:2008. Perbedaan formulasi berpengaruh signifikan terhadap kesukaan warna (p<0,001), aroma (p<0,001), rasa (p=0,001), tekstur (p<0,001), dan keseluruhan (p<0,001). Formulasi F5 (1,8% sari jahe dan 10:50 mL ekstrak kelor:akuades) merupakan perlakuan terbaik dengan skor tertinggi pada warna (4,90), aroma (4,60), rasa (4,95), tekstur (4,90), dan keseluruhan (4,80) sehingga direkomendasikan untuk pengembangan lanjutan.

Kata Kunci: karakteristik kimia, sari jahe, *hard candy*, ekstrak daun kelor, uji sensoris.

Cite this article (APA Style):
Wirawan, W., Sakir, S., & Sadimantara, M. S. (2026). Chemical and Sensory Characteristics of Hard candy Added with Ginger (Zingiber officinale) Juice and Moringa (Moringa oleifera) Leaf Extract. *Journal of Food Security and Agroindustry*, *4*(3), 242–257.
https://doi.org/10.58184/jfsa.v4i3.1221

Submitted: 18 Oct 2026; Accepted: 28 Oct 2026; Published: 31 Oct 2026

This is an open access article under CC-BY-SA 4.0 license.

Copyright © 2026 Wahid Wirawan, Sakir, Muhammad Syukri Sadimantara. Published by Pakis Journal Institute, CV. Pakis Journal. This is an open access article under CC-BY-SA license.

1. PENDAHULUAN

Diversifikasi produk pangan berbasis komoditas lokal terus dikembangkan untuk menghasilkan produk yang praktis dikonsumsi dan memiliki karakteristik organoleptik yang disukai masyarakat. Salah satu produk yang berpotensi dikembangkan adalah permen keras (*hard candy*), yaitu produk konfeksioneri yang umumnya dibuat menggunakan sukrosa dan sirup glukosa. Pengembangan permen keras dengan penambahan bahan tanaman alami dapat menjadi alternatif untuk menghasilkan produk dengan karakteristik kimia dan sensoris yang beragam. Salah satu komoditas lokal yang berpotensi dimanfaatkan adalah daun kelor (*Moringa oleifera*), yang dikenal mengandung makronutrien, serat pangan, vitamin C, serta mineral esensial, seperti kalsium dan zat besi (Abdelwanis *et al*., 2024; Kashyap *et al*., 2022; Khalid *et al*., 2023). Selain itu, senyawa fitokimia dalam daun kelor dilaporkan memiliki berbagai aktivitas biologis, antara lain antidiabetes, antiinflamasi, antimikroba, antikanker, dan hepatoprotektif (Arshad *et al*., 2025; Divya *et al*., 2024; Liang *et al*., 2025). Namun, pemanfaatan daun kelor dalam produk pangan sering terkendala oleh aroma langu dan rasa sepat yang khas sehingga diperlukan kombinasi dengan bahan lain, seperti jahe (*Zingiber officinale*), untuk memperbaiki karakteristik sensorisnya. Rimpang jahe mengandung karbohidrat, protein, serat, mineral, serta minyak atsiri dengan komponen seskuiterpena dan monoterpena yang berkontribusi terhadap pembentukan aroma khas (Koch *et al*., 2017; Styawan *et al*., 2022; Kamal *et al*., 2023; Shaukat *et al*., 2023; Tarfaoui *et al*., 2022). Selain itu, senyawa bioaktif berupa gingerol, shogaol, dan zingeron berperan dalam pembentukan cita rasa pedas dan hangat yang berpotensi mengurangi persepsi aroma langu daun kelor (Gao *et al*., 2022; Promdam & Panichayupakaranant, 2022).

Kombinasi ekstrak daun kelor dan sari jahe berpotensi diaplikasikan dalam pembuatan permen keras, yaitu produk konfeksioneri bertekstur keras dan memiliki permukaan mengilap yang dibuat dari sukrosa, sirup glukosa, dan air. Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan Nomor 30 Tahun 2018 tentang Angka Konsumsi Pangan mencantumkan angka konsumsi pangan sebesar 8 g/orang/hari untuk kategori permen keras sebagai acuan teknis dalam pengawasan pangan (BPOM, 2018). Permen keras memiliki karakteristik berupa matriks gula amorf (*glassy*) yang terbentuk melalui proses pemasakan pada suhu tinggi dengan kadar air relatif rendah sehingga mendukung kestabilan produk selama penyimpanan (Ergun *et al*., 2010; Ozel *et al*., 2024; Kuzu *et al*., 2025). Namun, permen keras konvensional yang terutama berbahan dasar gula umumnya memiliki kandungan zat gizi mikro dan senyawa antioksidan yang terbatas. Oleh karena itu, pengembangan permen keras dengan penambahan bahan alami menjadi salah satu pendekatan untuk menghasilkan produk dengan karakteristik kimia dan sensoris yang lebih beragam. Beberapa penelitian sebelumnya telah mengkaji penambahan bahan alami pada permen keras, antara lain ekstrak habbatussauda dan madu (Iznilillah *et al*., 2025), cabai jamu (Supriyanto *et al*., 2025), serta daun gaharu (Nazila *et al*., 2023). Penelitian tersebut menunjukkan adanya perkembangan pemanfaatan bahan tanaman dalam formulasi permen keras.

Pemanfaatan daun kelor dalam produk permen telah dilaporkan melalui kombinasi dengan markisa (Phan *et al*., 2025), jeruk kalamansi (Salwa *et al*., 2025), serta jahe dan buah naga (Ratnawati *et al*., 2025). Namun, penelitian tersebut menggunakan matriks permen lunak, seperti *gummy* atau *jelly candy*, yang memiliki karakteristik berbeda dari permen keras. Sementara itu, Rasdiana dan Refdi (2022) mengembangkan permen jahe dengan penambahan

daun kelor dalam bentuk serbuk yang berpotensi menyisakan partikel tidak larut pada produk. Berdasarkan penelitian terdahulu yang dikaji, informasi mengenai karakteristik kimia dan sensoris permen keras dengan kombinasi sari jahe dan ekstrak cair daun kelor masih terbatas. Kondisi ini menunjukkan adanya kesenjangan penelitian dalam pengembangan produk permen keras berbasis kedua bahan herbal tersebut. Kebaruan (*novelty*) penelitian ini terletak pada penggunaan kombinasi sari jahe dan ekstrak cair daun kelor dalam matriks permen keras, berbeda dari penelitian sebelumnya yang menggunakan matriks permen lunak atau penambahan daun kelor dalam bentuk serbuk. Penggunaan kedua bahan tersebut berpotensi memengaruhi karakteristik kimia dan sensoris produk akhir. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan mengevaluasi karakteristik kimia yang meliputi nilai pH, kadar air, dan kadar abu, serta karakteristik sensoris yang mencakup warna, aroma, rasa, tekstur, dan kesukaan keseluruhan permen keras dengan penambahan sari jahe dan ekstrak daun kelor.

2. METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada Februari–September 2026 di Laboratorium Ilmu dan Teknologi Pangan, Jurusan Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Pertanian, Universitas Halu Oleo, Kendari. Penelitian menggunakan metode eksperimental dengan rancangan acak lengkap (RAL) satu faktor yang terdiri atas lima taraf perlakuan formulasi kombinasi sari jahe dan ekstrak daun kelor, yaitu F1, F2, F3, F4, dan F5. Setiap perlakuan dibuat dalam tiga kelompok produksi (*batch*) independen sebagai ulangan, sehingga terdapat tiga *batch* untuk setiap formulasi. Konsentrasi sari jahe dan rasio ekstrak daun kelor terhadap akuades diubah secara bersamaan pada kelima formulasi. Oleh karena itu, rancangan penelitian ini digunakan untuk mengevaluasi perbedaan karakteristik antarformulasi secara keseluruhan, bukan untuk mengidentifikasi pengaruh masing-masing bahan secara terpisah. Peralatan yang digunakan dalam pengolahan dan analisis meliputi timbangan analitik, blender, pisau, talenan, loyang, piring, gelas ukur, labu Erlenmeyer, corong kaca, saringan besi, kain saring, kertas saring, kompor pemanas, termometer, batang pengaduk, cetakan permen silikon, pH meter digital, oven pengering, tanur pengabuan (*muffle furnace*), desikator, cawan porselen, cawan petri, dan lembar kuesioner uji hedonik. Bahan utama yang digunakan adalah rimpang jahe merah segar (*Zingiber officinale* Rosc.), daun kelor segar (*Moringa oleifera* L.) berwarna hijau tua yang dipetik dari tangkai ke-3 hingga ke-7 dari pucuk, gula pasir (sukrosa), sirup glukosa, dan akuades.

Tahapan preparasi bahan baku disajikan pada Gambar 1, yang meliputi pembuatan sari jahe berdasarkan prosedur Rasdiana dan Refdi (2022) dengan modifikasi serta pembuatan ekstrak daun kelor yang mengacu pada metode Hapsari *et al.* (2023). Pembuatan sari jahe diawali dengan sortasi rimpang segar untuk memperoleh bahan berkualitas baik yang bebas dari kebusukan dan kerusakan fisik. Rimpang kemudian dicuci menggunakan air mengalir untuk menghilangkan tanah dan kotoran yang melekat. Selanjutnya, rimpang jahe dihaluskan menggunakan blender selama 3 menit dengan penambahan akuades pada perbandingan 1:1 (b/v). Bubur jahe diperas menggunakan kain saring, kemudian filtrat yang diperoleh diendapkan dalam wadah tertutup pada suhu ruang selama 1 jam hingga fraksi pati mengendap di dasar wadah. Supernatan selanjutnya disaring kembali menggunakan kertas saring untuk memperoleh sari jahe yang jernih dan bebas dari endapan. Sementara itu, pembuatan ekstrak daun kelor diawali dengan pencucian helaian daun segar, kemudian dilanjutkan dengan proses

blansir (*blanching*) menggunakan air panas selama 1 menit dan penirisan. Daun kelor hasil blansir ditimbang sebanyak 500 g, kemudian dihaluskan menggunakan blender selama 3 menit dengan penambahan akuades sebanyak 1.000 mL pada perbandingan 1:2 (b/v). Campuran selanjutnya diperas dan disaring menggunakan kain saring rapat hingga diperoleh ekstrak cair daun kelor. Sari jahe dan ekstrak daun kelor disiapkan dalam kondisi segar pada hari yang sama dan langsung digunakan dalam proses pembuatan permen keras.



Gambar 1. Tahapan Pembuatan *Hard Candy*

Pembuatan permen keras (*hard candy*) mengacu pada prosedur Hapsari *et al.* (2023), dengan komposisi bahan untuk setiap perlakuan disajikan pada Tabel 1. Gula pasir sebanyak 75 g dilarutkan bersama akuades dan ekstrak daun kelor sesuai proporsi masing-masing perlakuan, kemudian dipanaskan sambil diaduk hingga mencapai suhu 110 °C. Selanjutnya, sirup glukosa sebanyak 25 g ditambahkan ke dalam larutan, kemudian pemanasan dan pengadukan dilanjutkan hingga suhu adonan mencapai 140 °C. Setelah mencapai suhu tersebut, adonan diangkat dari pemanas dan didiamkan hingga suhunya turun menjadi 90 °C. Sari jahe kemudian ditambahkan sesuai konsentrasi perlakuan, yaitu 0,2%; 0,8%; 1,2%; 1,5%; dan 1,8% (b/b) terhadap total massa gula pasir dan sirup glukosa, lalu diaduk dengan cepat hingga homogen. Adonan selanjutnya dituangkan ke dalam cetakan silikon dan didiamkan pada suhu ruang hingga mengeras membentuk matriks padat. Permen yang telah mengeras dikeluarkan dari cetakan dan dikemas dalam wadah tertutup sebelum dilakukan analisis.

Tabel 1. Formulasi *Hard Candy* Berbasis Sari Jahe dan Ekstrak Daun Kelor

Komposisi Bahan	Perlakuan				
	F1	**F2**	**F3**	**F4**	**F5**
Sari jahe (% b/b)	0,2	0,8	1,2	1,5	1,8
Ekstrak daun kelor (mL)	50	40	30	20	10
Air / akuades (mL)	10	20	30	40	50
Gula pasir (g)	75	75	75	75	75
Sirup glukosa (g)	25	25	25	25	25

Pengujian karakteristik permen keras (*hard candy*) meliputi analisis kimia, yaitu nilai pH, kadar air, dan kadar abu, serta evaluasi sensoris. Pengukuran nilai pH dilakukan dengan melarutkan 1 g sampel permen keras dalam 100 mL akuades hingga homogen, kemudian mengukur nilai pH menggunakan pH meter yang telah dikalibrasi dengan larutan penyangga standar. Analisis kadar air dan kadar abu dilakukan menggunakan metode gravimetri yang

mengacu pada prosedur Zarwinda *et al.* (2022). Penentuan kadar air dilakukan dengan mengeringkan 2 g sampel dalam cawan porselen menggunakan oven pada suhu 100–105 °C selama 3–5 jam. Sampel kemudian didinginkan dalam desikator dan ditimbang hingga mencapai bobot konstan. Penentuan kadar abu dilakukan dengan mengabukan 5 g sampel dalam cawan porselen menggunakan tanur pengabuan (*muffle furnace*) pada suhu 500 °C selama 5 jam hingga terbentuk abu berwarna putih. Abu yang diperoleh kemudian didinginkan dalam desikator dan ditimbang untuk menentukan bobot akhirnya. Persentase kadar air dan kadar abu dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \times 100\%$$

$$\text{Kadar Abu (\%)} = \frac{W_2 - W_0}{W_1 - W_0} \times 100\%$$

Keterangan:
W_0 : bobot cawan porselin kosong (g)
W_1 : bobot cawan porselin dan sampel awal sebelum pengeringan/pengabuan (g)
W_2 : bobot cawan porselin dan sampel kering setelah dioven atau abu setelah pengabuan (g)

Evaluasi sensoris dilakukan menggunakan metode uji hedonik (uji kesukaan) yang mengacu pada Yulia *et al.* (2022) dengan melibatkan 20 panelis untuk menilai atribut warna, aroma, rasa, tekstur, dan kesukaan keseluruhan pada kelima formulasi permen keras (*hard candy*). Setiap panelis mencicipi seluruh sampel yang disajikan menggunakan kode acak dan menetralkan indra pengecap dengan air putih sebelum mencicipi sampel berikutnya. Tingkat kesukaan dinilai menggunakan skala hedonik lima tingkat, yaitu 1 (sangat tidak suka), 2 (tidak suka), 3 (agak suka), 4 (suka), dan 5 (sangat suka). Data karakteristik kimia yang meliputi nilai pH larutan sampel (1% b/v), kadar air, dan kadar abu dianalisis secara deskriptif kuantitatif serta disajikan sebagai rerata dan simpangan baku (*mean* ± SD) dari tiga ulangan pada setiap formulasi (F1–F5). Hasil pengujian dibandingkan dengan persyaratan mutu yang relevan dalam SNI 3547.1:2008 tentang kembang gula keras (BSN, 2008), tanpa dilakukan analisis statistik inferensial. Sementara itu, data uji hedonik dari 20 panelis yang menilai seluruh formulasi disajikan sebagai rerata dan simpangan baku (*mean* ± SD) antarpanelis. Analisis statistik dilakukan menggunakan uji Kruskal–Wallis dengan bantuan perangkat lunak SPSS versi 27 pada taraf signifikansi 5% ($\alpha = 0{,}05$), kemudian dilanjutkan dengan uji Mann–Whitney sebagai uji lanjut apabila ditemukan perbedaan yang signifikan ($p < 0{,}05$).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis karakteristik kimia permen keras (*hard candy*) dengan penambahan sari jahe dan ekstrak daun kelor meliputi nilai pH, kadar air, dan kadar abu. Data disajikan secara deskriptif kuantitatif dalam bentuk rerata dan simpangan baku dari tiga ulangan pada setiap formulasi (F1–F5). Hasil pengukuran tersebut disajikan pada Tabel 2 dan dibandingkan dengan persyaratan mutu yang relevan berdasarkan SNI 3547.1:2008 tentang kembang gula keras (BSN, 2008).

Tabel 2. Karakteristik Kimia Permen Keras (*Hard Candy*) dengan Penambahan Sari Jahe dan Ekstrak Daun Kelor

Parameter kimia	F1	F2	F3	F4	F5	SNI 3547.1:2008
Nilai pH	6,86 ± 0,01	6,72 ± 0,03	6,65 ± 0,01	6,57 ± 0,02	6,54 ± 0,01	–
Kadar air (% b/b)	3,21 ± 0,01	2,51 ± 0,02	1,40 ± 0,02	0,92 ± 0,01	0,42 ± 0,01	Maks. 3,5
Kadar abu (% b/b)	0,10 ± 0,01	0,44 ± 0,01	0,83 ± 0,03	0,99 ± 0,01	1,03 ± 0,06	Maks. 2,0

Keterangan: Data disajikan sebagai rerata ± simpangan baku (mean ± SD) dari tiga ulangan (n = 3) pada setiap formulasi (F1–F5). Nilai pH diukur pada larutan sampel 1% (b/v). Tanda (–) menunjukkan bahwa parameter pH tidak dipersyaratkan dalam SNI 3547.1:2008. Analisis dilakukan secara deskriptif kuantitatif.

3.1 Nilai pH

Pengukuran nilai pH larutan sampel 1% (b/v) dilakukan untuk mengetahui karakteristik asam-basa komponen permen keras (*hard candy*) yang terlarut dalam air. Berdasarkan Tabel 2, rerata nilai pH larutan sampel pada formulasi F1, F2, F3, F4, dan F5 berturut-turut sebesar 6,86; 6,72; 6,65; 6,57; dan 6,54. Secara deskriptif, hasil tersebut menunjukkan kecenderungan penurunan nilai pH seiring perubahan komposisi formulasi dari F1, yang mengandung sari jahe 0,2% dan ekstrak daun kelor serta akuades dengan perbandingan 50:10 mL, hingga F5, yang mengandung sari jahe 1,8% dengan perbandingan ekstrak daun kelor dan akuades sebesar 10:50 mL. Penurunan nilai pH tersebut menunjukkan adanya perubahan karakteristik asam-basa larutan sampel seiring peningkatan konsentrasi sari jahe dan penurunan proporsi ekstrak daun kelor. Namun, karena kedua komponen diubah secara bersamaan dalam setiap formulasi (Tabel 1), perubahan nilai pH tidak dapat dikaitkan secara terpisah dengan pengaruh masing-masing bahan.

Kecenderungan penurunan nilai pH dari formulasi F1 hingga F5 diduga berkaitan dengan perubahan komposisi senyawa terlarut yang berasal dari sari jahe dan ekstrak daun kelor. Rimpang jahe (*Zingiber officinale*) mengandung berbagai senyawa bioaktif, seperti gingerol, shogaol, dan zingeron, serta komponen lain yang dapat memengaruhi karakteristik kimia bahan pangan (Shaukat *et al*., 2023). Sementara itu, daun kelor (*Moringa oleifera*) mengandung senyawa fenolik, flavonoid, vitamin, dan mineral yang juga berpotensi memengaruhi sifat kimia produk (Kashyap *et al*., 2022). Menurut Supriyanto *et al*. (2025), perubahan nilai pH pada permen keras dapat dipengaruhi oleh karakteristik bahan tambahan alami dan interaksinya dengan komponen penyusun produk selama proses pengolahan. Dalam penelitian ini, nilai pH seluruh formulasi berkisar antara 6,54 hingga 6,86, yang menunjukkan bahwa larutan sampel bersifat sedikit asam dan mendekati netral. Kondisi tersebut perlu diperhatikan karena keasaman dan suhu pemasakan dapat memengaruhi kestabilan sukrosa dalam produk permen keras. Pada kondisi asam dan suhu tinggi, sukrosa berpotensi mengalami hidrolisis atau inversi menjadi glukosa dan fruktosa yang dapat memengaruhi sifat higroskopis serta kelengketan produk selama penyimpanan. Namun, penelitian ini tidak mengukur tingkat inversi sukrosa maupun perubahan sifat produk selama penyimpanan sehingga hubungan tersebut belum dapat dipastikan berdasarkan hasil pengukuran pH yang diperoleh.

3.2 Kadar Air

Kadar air merupakan salah satu parameter mutu fisikokimia utama pada permen keras (*hard candy*) karena berkaitan dengan pembentukan struktur matriks gula dan kestabilan produk selama penyimpanan. Berdasarkan Tabel 2, rerata kadar air permen keras pada formulasi F1, F2, F3, F4, dan F5 berturut-turut sebesar 3,21%; 2,51%; 1,40%; 0,92%; dan 0,42% (b/b). Hasil tersebut menunjukkan kecenderungan penurunan kadar air seiring perubahan komposisi formulasi dari F1 hingga F5. Berdasarkan SNI 3547.1:2008, batas maksimum kadar air kembang gula keras ditetapkan sebesar 3,5% (b/b) sehingga seluruh formulasi dalam penelitian ini memenuhi persyaratan mutu untuk parameter kadar air (BSN, 2008). Meskipun total volume cairan awal pada setiap formulasi sama, yaitu 60 mL, dan suhu akhir pemasakan ditetapkan sebesar 140 °C, perubahan proporsi ekstrak daun kelor terhadap akuades dari 50:10 mL menjadi 10:50 mL yang disertai peningkatan konsentrasi sari jahe dari 0,2% menjadi 1,8% menghasilkan kadar air akhir yang berbeda. Namun, karena kedua bahan mengalami perubahan komposisi secara bersamaan, penurunan kadar air tidak dapat dikaitkan secara terpisah dengan pengaruh masing-masing bahan. Permen keras memiliki karakteristik berupa matriks gula amorf (*glassy*) yang terbentuk melalui pemasakan pada suhu tinggi untuk mengurangi kadar air, kemudian dilanjutkan dengan proses pendinginan. Struktur tersebut berperan dalam pembentukan tekstur keras dan kestabilan fisik produk (Ozel *et al*., 2024). Kuzu *et al.* (2025) juga menjelaskan bahwa proses pemasakan merupakan faktor penting dalam menentukan kadar air, konsentrasi larutan gula, dan pembentukan struktur amorf yang memengaruhi karakteristik tekstur permen keras.

Perbedaan kadar air ant arformulasi diduga berkaitan dengan perubahan komposisi ekstrak daun kelor dan sari jahe yang dapat memengaruhi interaksi air dengan komponen penyusun produk. Daun kelor diketahui mengandung protein, serat pangan, dan berbagai komponen hidrofilik yang berpotensi memengaruhi sifat hidrasi serta kemampuan pengikatan air dalam sistem pangan (Tafu & Jideani, 2022; Tranquilino-Rodríguez *et al*., 2025). Kandungan nutrisi tersebut juga menjadi salah satu dasar pemanfaatan daun kelor sebagai bahan pangan bernilai gizi (Abdelwanis *et al*., 2024). Pada formulasi F1, penggunaan ekstrak daun kelor sebanyak 50 mL dengan penambahan akuades 10 mL menghasilkan kadar air tertinggi, yaitu 3,21%. Sebaliknya, formulasi F5 yang menggunakan ekstrak daun kelor sebanyak 10 mL dan akuades 50 mL menghasilkan kadar air terendah, yaitu 0,42%. Perbedaan tersebut menunjukkan adanya keterkaitan antara komposisi formulasi dan kadar air akhir produk. Namun, mekanisme pengikatan dan penguapan air belum dapat dipastikan karena kandungan komponen hidrofilik dalam ekstrak serta perubahan kadar air selama pemasakan tidak diukur secara langsung. Hasil evaluasi sensoris juga menunjukkan bahwa formulasi F5 memperoleh skor kesukaan tekstur tertinggi sebesar 4,90. Meskipun demikian, skor tersebut menggambarkan tingkat kesukaan panelis terhadap tekstur produk, bukan hasil pengukuran kekerasan secara instrumental. Oleh karena itu, hubungan antara penurunan kadar air dan tingkat kekerasan permen keras masih memerlukan pengujian tekstur secara objektif.

3.3 Kadar Abu

Kadar abu merupakan salah satu parameter kimia proksimat yang menunjukkan jumlah residu anorganik yang tersisa setelah proses pengabuan sampel pada suhu 500 °C. Berdasarkan Tabel 2, rerata kadar abu permen keras (*hard candy*) pada formulasi F1, F2, F3, F4, dan F5

berturut-turut sebesar 0,10%; 0,44%; 0,83%; 0,99%; dan 1,03% (b/b). Hasil tersebut menunjukkan kecenderungan peningkatan kadar abu seiring perubahan komposisi formulasi dari F1 hingga F5. Seluruh formulasi memiliki kadar abu di bawah batas maksimum 2,0% (b/b) sehingga memenuhi persyaratan mutu untuk parameter kadar abu berdasarkan SNI 3547.1:2008 (BSN, 2008). Peningkatan kadar abu dari 0,10% pada F1 menjadi 1,03% pada F5 menunjukkan adanya perbedaan jumlah residu anorganik pada produk akhir. Perbedaan tersebut diduga berkaitan dengan perubahan komposisi sari jahe dan ekstrak daun kelor yang digunakan dalam formulasi. Ratnawati *et al.* (2025) juga telah mengkaji pemanfaatan kombinasi bahan berbasis kelor dan jahe dalam pengembangan produk permen, yang menunjukkan potensi kedua bahan tersebut sebagai komponen formulasi pangan.

Kecenderungan peningkatan kadar abu dari F1 hingga F5 diduga dipengaruhi oleh perubahan komposisi bahan dan kadar air produk. Konsentrasi sari jahe meningkat dari 0,2% pada F1 menjadi 1,8% pada F5, sedangkan volume ekstrak daun kelor menurun dari 50 menjadi 10 mL. Rimpang jahe diketahui mengandung berbagai mineral, seperti kalium, magnesium, fosfor, mangan, dan zat besi, dengan kadar abu yang dilaporkan dapat mencapai sekitar 8% berdasarkan bobot kering (Styawan *et al*., 2022). Dalam penelitian ini, sari jahe dibuat dengan perbandingan bahan dan pelarut 1:1 (b/v), sedangkan ekstrak daun kelor menggunakan perbandingan 1:2 (b/v). Sari jahe juga ditambahkan pada suhu adonan 90 °C sebelum proses pencetakan. Meskipun demikian, kadar abu rimpang jahe tidak dapat langsung digunakan untuk memperkirakan kontribusi mineral sari jahe karena jumlah mineral yang terekstraksi ke dalam pelarut belum diketahui. Selain itu, perubahan konsentrasi sari jahe dan proporsi ekstrak daun kelor terjadi secara bersamaan sehingga pengaruh masing-masing bahan terhadap kadar abu tidak dapat ditentukan secara terpisah.

Ekstrak daun kelor juga berpotensi menyumbangkan mineral, seperti kalsium, zat besi, magnesium, dan kalium, yang secara alami terdapat dalam daun kelor (Khalid *et al*., 2023; Vinodkumar *et al*., 2025). Namun, karena volume ekstrak daun kelor semakin berkurang dari F1 hingga F5, kontribusi mineral dari kedua bahan terhadap kadar abu akhir belum dapat dipastikan. Penurunan kadar air dari 3,21% pada F1 menjadi 0,42% pada F5 juga dapat memengaruhi proporsi komponen padatan yang dinyatakan berdasarkan bobot produk. Meskipun demikian, perbedaan kadar air tersebut belum cukup untuk menjelaskan besarnya peningkatan kadar abu tanpa informasi mengenai kandungan mineral dan total padatan dari setiap bahan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perubahan formulasi sari jahe dan ekstrak daun kelor diikuti oleh peningkatan kadar abu permen keras, dengan nilai tertinggi sebesar 1,03% pada F5. Oleh karena itu, pengujian komposisi mineral dan evaluasi lebih lanjut terhadap kontribusi masing-masing bahan diperlukan untuk menjelaskan faktor yang memengaruhi perubahan kadar abu secara lebih akurat.

3.4 Karakteristik Sensoris (Uji Organoleptik)

Evaluasi sensoris dilakukan menggunakan metode uji hedonik untuk mengetahui tingkat kesukaan 20 panelis terhadap atribut warna, aroma, rasa, tekstur, dan kesukaan keseluruhan permen keras (*hard candy*) dengan penambahan sari jahe dan ekstrak daun kelor. Hasil penilaian disajikan pada Tabel 3 dalam bentuk rerata skor hedonik dan simpangan baku (*mean* ± SD), disertai nilai signifikansi (*p-value*) dan notasi hasil uji lanjut Mann–Whitney pada taraf signifikansi 5% (α = 0,05).

Tabel 3. Hasil Uji Hedonik Permen Keras (*Hard Candy*) dengan Penambahan Sari Jahe dan Ekstrak Daun Kelor

Parameter	F1	F2	F3	F4	F5	*p-value*
Warna	3,60 ± 0,50^{a}	4,65 ± 0,48^{c}	4,15 ± 0,67^{b}	3,95 ± 0,75^{b}	4,90 ± 0,30^{c}	< 0,001
Aroma	4,40 ± 0,50^{b}	4,30 ± 0,86^{b}	3,85 ± 0,36^{a}	3,70 ± 0,73^{a}	4,60 ± 0,50^{b}	< 0,001
Rasa	4,50 ± 0,88^{ab}	4,70± 0,47^{ab}	4,25 ± 0,78^{a}	4,50± 0,51^{ab}	4,95 ± 0,22^{b}	0,001
Tekstur	2,45 ± 0,94^{a}	2,50 ± 0,51^{a}	3,10 ± 1,02^{b}	4,30 ± 0,86^{c}	4,90 ± 0,30^{d}	< 0,001
Keseluruhan	3,25 ± 0,44^{a}	3,95 ± 0,22^{b}	3,65 ± 0,67^{b}	4,70 ± 0,47^{c}	4,80 ± 0,41^{c}	< 0,001

Keterangan: Data disajikan sebagai rerata ± simpangan baku (*mean* ± SD) dari 20 panelis (n = 20). Huruf superskrip yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan nyata berdasarkan uji Kruskal–Wallis yang dilanjutkan dengan uji Mann–Whitney pada taraf signifikansi 5% (α = 0,05), sesuai analisis yang dilaporkan. Skala hedonik terdiri atas lima tingkat, yaitu 1 = sangat tidak suka, 2 = tidak suka, 3 = agak suka, 4 = suka, dan 5 = sangat suka. Tanda (–) pada kolom *p-value* menunjukkan bahwa nilai signifikansi belum dicantumkan.

3.4.1 Warna

Warna merupakan salah satu atribut sensoris yang berperan penting dalam menentukan penerimaan awal konsumen terhadap produk pangan. Berdasarkan Tabel 3, rerata skor kesukaan warna permen keras (*hard candy*) berkisar antara 3,60 hingga 4,90. Formulasi F5 memperoleh skor tertinggi sebesar 4,90, sedangkan F1 menghasilkan skor terendah sebesar 3,60. Notasi hasil uji lanjut pada Tabel 3 menunjukkan adanya perbedaan tingkat kesukaan warna antarformulasi, meskipun skor F5 tidak menunjukkan perbedaan nyata dibandingkan F2. Perbedaan tersebut diduga berkaitan dengan perubahan proporsi ekstrak daun kelor dan sari jahe yang memengaruhi penampilan visual permen keras. Daun kelor mengandung pigmen alami, seperti klorofil dan karotenoid, serta senyawa polifenol dan flavonoid yang berkontribusi terhadap karakteristik warna bahan pangan (Kashyap *et al.*, 2022; Liang *et al.*, 2025). Pada formulasi F1, penggunaan ekstrak daun kelor sebanyak 50 mL menghasilkan warna hijau yang lebih pekat dan tampilan yang cenderung kusam. Kondisi tersebut diduga berkaitan dengan tingginya proporsi pigmen daun kelor serta kemungkinan degradasi klorofil menjadi feofitin akibat pemanasan hingga suhu 140 °C. Sebaliknya, formulasi F5 yang menggunakan ekstrak daun kelor sebanyak 10 mL dan sari jahe 1,8% menghasilkan tampilan warna hijau kekuningan yang cenderung lebih cerah sehingga memperoleh skor kesukaan tertinggi dari panelis. Jeon *et al.* (2021) dan Cervera-Chiner *et al.* (2026) juga menjadi rujukan dalam pengembangan produk permen dengan penambahan bahan tanaman yang dapat memengaruhi karakteristik visual produk. Namun, perubahan pigmen dan tingkat kecerahan warna dalam penelitian ini belum diukur secara instrumental sehingga penjelasan mengenai mekanisme pembentukan warna masih bersifat dugaan.

3.4.2 Aroma

Aroma merupakan atribut sensoris yang berkaitan dengan keberadaan dan pelepasan senyawa volatil dari matriks produk pangan. Berdasarkan Tabel 3, rerata skor kesukaan aroma permen keras berkisar antara 3,70 hingga 4,60, dengan skor tertinggi diperoleh pada formulasi F5 dan terendah pada F4. Formulasi F3 dan F4 yang masing-masing menggunakan ekstrak daun kelor sebanyak 30 dan 20 mL serta sari jahe sebesar 1,2% dan 1,5% menghasilkan skor kesukaan aroma yang lebih rendah dibandingkan formulasi lainnya. Perbedaan tersebut diduga

berkaitan dengan keseimbangan karakteristik aroma daun kelor dan jahe pada setiap formulasi. Sementara itu, formulasi F5 yang mengandung sari jahe tertinggi (1,8%) dan ekstrak daun kelor terendah (10 mL) memperoleh skor kesukaan aroma sebesar 4,60, meskipun tidak berbeda nyata dibandingkan F1 dan F2 berdasarkan notasi pada Tabel 3. Rimpang jahe mengandung minyak atsiri dengan berbagai komponen volatil dari kelompok seskuiterpena dan monoterpena, seperti α-zingiberena, β-seskuifelandrena, ar-kurkumena, sitral, kamfena, dan 1,8-sineol, yang berkontribusi terhadap pembentukan aroma khas jahe (Al-Dhahli *et al*., 2020; Munda *et al*., 2018). Penambahan sari jahe setelah suhu adonan turun menjadi 90 °C berpotensi mengurangi kehilangan senyawa volatil dibandingkan penambahan pada suhu pemasakan yang lebih tinggi. Kombinasi aroma jahe dan komponen aroma hasil pemanasan gula diduga turut memengaruhi tingkat kesukaan panelis serta berpotensi mengurangi persepsi aroma langu daun kelor. Namun, kontribusi masing-masing senyawa volatil dan mekanisme penutupan aroma (*masking*) belum dapat dipastikan karena penelitian ini tidak melakukan analisis profil senyawa aroma.

3.4.3 Rasa

Rasa merupakan salah satu atribut sensoris utama yang menentukan tingkat penerimaan konsumen terhadap produk pangan. Berdasarkan Tabel 3, rerata skor kesukaan rasa permen keras (*hard candy*) berkisar antara 4,25 hingga 4,95, yang menunjukkan bahwa seluruh formulasi memperoleh tingkat kesukaan relatif tinggi. Formulasi F5 memperoleh skor tertinggi sebesar 4,95, sedangkan F3 menghasilkan skor terendah sebesar 4,25. Berdasarkan notasi hasil uji lanjut pada Tabel 3, skor kesukaan rasa F5 berbeda nyata dibandingkan F3, tetapi tidak berbeda nyata dibandingkan F1, F2, dan F4. Tingginya skor kesukaan rasa pada F5 diduga berkaitan dengan kombinasi sari jahe sebesar 1,8%, ekstrak daun kelor sebanyak 10 mL, serta matriks gula yang terdiri atas 75 g sukrosa dan 25 g sirup glukosa. Penggunaan ekstrak daun kelor dalam jumlah lebih rendah berpotensi mengurangi persepsi rasa sepat (*astringent*) dan pahit yang berkaitan dengan kandungan senyawa fenolik, termasuk tanin. Sementara itu, penambahan sari jahe diduga memberikan sensasi pedas dan hangat yang berpadu dengan rasa manis gula sehingga memengaruhi tingkat kesukaan panelis. Karakteristik rasa pedas dan hangat pada jahe terutama berkaitan dengan keberadaan senyawa nonvolatil, seperti gingerol dan shogaol, yang merupakan komponen utama pembentuk rasa pedas pada rimpang jahe dan dilaporkan memiliki berbagai aktivitas biologis (Promdam & Panichayupakaranant, 2022; Shaukat *et al*., 2023; Yücel *et al*., 2022). Namun, kontribusi masing-masing komponen terhadap tingkat kesukaan rasa belum dapat dipastikan karena penelitian ini tidak mengukur kandungan senyawa pembentuk rasa secara langsung.

3.4.4 Tekstur

Tekstur merupakan salah satu karakteristik fisik utama yang menentukan penerimaan konsumen terhadap permen keras. Berdasarkan Tabel 3, rerata skor kesukaan tekstur pada formulasi F1, F2, F3, F4, dan F5 berturut-turut sebesar 2,45; 2,50; 3,10; 4,30; dan 4,90. Hasil tersebut menunjukkan kecenderungan peningkatan skor kesukaan tekstur seiring perubahan komposisi formulasi dari F1 hingga F5. Hasil analisis statistik yang dilaporkan menunjukkan adanya perbedaan signifikan tingkat kesukaan tekstur antarformulasi ($p < 0,001$). Berdasarkan notasi hasil uji lanjut pada Tabel 3, formulasi F5 memperoleh skor kesukaan tekstur yang

berbeda nyata dibandingkan seluruh formulasi lainnya. Perbedaan tingkat kesukaan tekstur tersebut diduga berkaitan dengan kadar air produk sebagaimana disajikan pada Tabel 2. Formulasi F1 dan F2 memiliki kadar air masing-masing sebesar 3,21% dan 2,51%, dengan skor kesukaan tekstur yang relatif rendah, yaitu 2,45 dan 2,50. Sebaliknya, formulasi F5 memiliki kadar air terendah sebesar 0,42% dan memperoleh skor kesukaan tekstur tertinggi sebesar 4,90. Hasil tersebut menunjukkan adanya kecenderungan peningkatan kesukaan tekstur pada formulasi dengan kadar air yang lebih rendah. Kadar air merupakan salah satu faktor yang memengaruhi karakteristik matriks gula amorf (*glassy state*) pada permen keras karena berperan dalam menentukan mobilitas molekul dan kestabilan struktur produk (Ergun *et al*., 2010). Supriyanto *et al.* (2023) juga melaporkan bahwa penambahan ekstrak jahe pada formulasi permen keras dapat memengaruhi karakteristik tekstur akibat perubahan komposisi bahan dan interaksinya dengan matriks gula selama pengolahan. Meskipun demikian, penelitian ini hanya mengukur tingkat kesukaan panelis terhadap tekstur sehingga hubungan antara kadar air dan tingkat kekerasan atau kelengketan produk belum dapat dipastikan tanpa pengujian tekstur secara instrumental.

3.4.5 Kesukaan Keseluruhan

Kesukaan keseluruhan (*overall acceptability*) merupakan parameter sensoris yang menggambarkan tingkat penerimaan panelis terhadap produk berdasarkan penilaian menyeluruh terhadap atribut warna, aroma, rasa, dan tekstur. Berdasarkan Tabel 3, rerata skor kesukaan keseluruhan permen keras berkisar antara 3,25 hingga 4,80. Formulasi F5 memperoleh skor tertinggi sebesar 4,80, sedangkan F1 menghasilkan skor terendah sebesar 3,25. Berdasarkan notasi hasil uji lanjut pada Tabel 3, skor kesukaan keseluruhan F5 berbeda nyata dibandingkan F1, F2, dan F3, tetapi tidak berbeda nyata dibandingkan F4. Rendahnya skor kesukaan keseluruhan pada F1, F2, dan F3 terjadi bersamaan dengan rendahnya skor kesukaan tekstur pada ketiga formulasi tersebut, yaitu berkisar antara 2,45 hingga 3,10. Kondisi ini mengindikasikan bahwa karakteristik tekstur diduga turut berperan dalam penilaian kesukaan keseluruhan panelis, selain atribut warna, aroma, dan rasa. Namun, kontribusi masing-masing atribut terhadap kesukaan keseluruhan belum dianalisis secara terpisah.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa perubahan komposisi sari jahe dan ekstrak daun kelor diikuti oleh perbedaan karakteristik kimia dan tingkat kesukaan sensoris permen keras. Penggunaan bahan tanaman dalam formulasi produk permen juga telah menjadi perhatian dalam pengembangan pangan dengan karakteristik mutu dan penerimaan sensoris yang beragam (Afzaal *et al*., 2021; Cervera-Chiner *et al*., 2026). Berdasarkan hasil pengujian, formulasi F5 yang mengandung sari jahe sebesar 1,8% dan ekstrak daun kelor sebanyak 10 mL memiliki kadar air terendah sebesar 0,42%, kadar abu tertinggi sebesar 1,03%, serta nilai pH larutan sampel sebesar 6,54. Formulasi tersebut juga memperoleh rerata skor kesukaan tertinggi secara deskriptif pada seluruh atribut sensoris, yaitu warna (4,90), aroma (4,60), rasa (4,95), tekstur (4,90), dan kesukaan keseluruhan (4,80). Meskipun demikian, tidak seluruh perbedaan skor antara F5 dan formulasi lainnya menunjukkan perbedaan yang signifikan secara statistik. Kadar air dan kadar abu F5 juga masih memenuhi batas maksimum yang ditetapkan dalam SNI 3547.1:2008. Dengan demikian, F5 merupakan formulasi yang paling potensial berdasarkan parameter yang dievaluasi dalam penelitian ini.

Pengembangan lebih lanjut masih diperlukan untuk mengevaluasi karakteristik fisik, kestabilan produk selama penyimpanan, kandungan senyawa bioaktif, dan komposisi mineral secara lebih spesifik.

4. SIMPULAN

Perbedaan formulasi sari jahe (*Zingiber officinale*) dan ekstrak cair daun kelor (*Moringa oleifera*) menghasilkan variasi karakteristik kimia dan tingkat kesukaan sensoris permen keras (*hard candy*). Perubahan komposisi dari F1 (0,2% sari jahe, 50 mL ekstrak daun kelor, dan 10 mL akuades) menjadi F5 (1,8% sari jahe, 10 mL ekstrak daun kelor, dan 50 mL akuades) diikuti oleh penurunan nilai pH larutan sampel 1% dari 6,86 menjadi 6,54 dan kadar air dari 3,21% menjadi 0,42%, serta peningkatan kadar abu dari 0,10% menjadi 1,03%. Seluruh formulasi memenuhi persyaratan kadar air dan kadar abu berdasarkan SNI 3547.1:2008. Berdasarkan evaluasi hedonik terhadap 20 panelis, formulasi F5 memperoleh rerata skor kesukaan tertinggi pada atribut warna (4,90), aroma (4,60), rasa (4,95), tekstur (4,90), dan kesukaan keseluruhan (4,80), meskipun tidak seluruh perbedaannya dengan formulasi lain signifikan secara statistik. Dengan demikian, F5 merupakan formulasi yang paling potensial berdasarkan parameter kimia dan sensoris yang dievaluasi. Mengingat proporsi sari jahe dan ekstrak daun kelor diubah secara bersamaan, penelitian lanjutan menggunakan rancangan faktorial diperlukan untuk mengevaluasi pengaruh masing-masing bahan secara terpisah. Pengujian lanjutan terhadap profil mineral, kandungan gingerol, aktivitas antioksidan, karakteristik tekstur secara instrumental, dan stabilitas produk selama penyimpanan juga diperlukan untuk mendukung pengembangan produk.

5. PERNYATAAN KONTRIBUSI PENULIS

Penulis menyatakan bahwa kontribusi setiap penulis terhadap pembuatan karya tulis ini adalah WW sebagai kontributor utama dan korespondensi merancang penelitian, menganalisis data, pengumpulan data, analisis data, dan membuat naskah artikel. SS dan MSS berkontribusi koreksi bahasa penulisan dan koreksi analisis data.

6. KONFLIK KEPENTINGAN

Penulis menyatakan bahwa tidak terdapat konflik kepentingan terkait publikasi artikel ini.

7. PENDANAAN

Penelitian ini tidak menerima pendanaan khusus dari lembaga pendanaan di sektor publik, komersial, maupun nirlaba.

8. PERNYATAAN PENGGUNAAN AI GENERATIF

Penulis menyatakan bahwa tidak menggunakan AI generatif atau teknologi berbasis AI dalam proses penyusunan manuskrip ini.

9. REFERENSI

Abdelwanis, F. M., Abdelaty, H. S., & Saleh, S. A. (2024). Exploring the multifaceted uses of *Moringa oleifera*: Nutritional, industrial and agricultural innovations in Egypt. *Discover Food, 4*(1), Article 146. https://doi.org/10.1007/s44187-024-00221-5

Afzaal, M., Saeed, F., Ahmed, A., Ikram, A., Ahmad, M., Raza, M. A., Khan, T. S., & Hussain, M. (2021). Exploring the effect of ginger supplementation on candy attributes. *Journal of Food Processing and Preservation, 45*(11), Article e15917. https://doi.org/10.1111/jfpp.15917

Al-Dhahli, A. S., Al-Hassani, F. A., Alarjani, K. M., Yehia, H. M., Al Lawati, W. M., Azmi, S. N. H., & Khan, S. A. (2020). Essential oil from the rhizomes of the Saudi and Chinese *Zingiber officinale* cultivars: Comparison of chemical composition, antibacterial and molecular docking studies. *Journal of King Saud University – Science, 32*(8), 3343–3350. https://doi.org/10.1016/j.jksus.2020.09.020

Arshad, M. T., Maqsood, S., Ikram, A., & Gnedeka, K. T. (2025). Recent perspectives on the pharmacological, nutraceutical, functional, and therapeutic properties of *Moringa oleifera* plant. *Food Science & Nutrition, 13*(4), Article e70134. https://doi.org/10.1002/fsn3.70134

Badan Pengawas Obat dan Makanan. (2018). *Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan Nomor 30 Tahun 2018 tentang Angka Konsumsi Pangan*. https://peraturan.bpk.go.id/Details/219907/peraturan-bpom-no-30-tahun-2018

Badan Standardisasi Nasional. (2008). *Kembang Gula – Bagian 1: Keras (SNI 3547.1:2008)*.

Cervera-Chiner, L., Castelló, M. L., García-Mares, F. J., & Ortolá, M. D. (2026). Impact of *Moringa oleifera* leaf powder addition on the properties of cranberry-based gummies and marshmallows with low-glycemic sweeteners. *Journal of Food Science, 91*(7), Article e71322. https://doi.org/10.1111/1750-3841.71322

Divya, S., Pandey, V. K., Dixit, R., Rustagi, S., Suthar, T., Atuahene, D., Nagy, V., Ungai, D., Ahmed, A. E. M., Kovács, B., & Shaikh, A. M. (2024). Exploring the phytochemical, pharmacological and nutritional properties of *Moringa oleifera*: A comprehensive review. *Nutrients, 16*(19), Article 3423. https://doi.org/10.3390/nu16193423

Ergun, R., Lietha, R., & Hartel, R. W. (2010). Moisture and shelf life in sugar confections. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 50*(2), 162–192. https://doi.org/10.1080/10408390802248833

Gao, Y., Lu, Y., Zhang, N., Udenigwe, C. C., Zhang, Y., & Fu, Y. (2024). Preparation, pungency and bioactivity of gingerols from ginger (*Zingiber officinale* Roscoe): A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 64*(9), 2708–2733. https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2124951

Hapsari, N. A., Yudhistira, B., & Utami, R. (2023). Karakteristik Hard Candy Minyak Atsiri Daun Kemangi dengan Penambahan Ekstrak Daun Kelor (*Moringa oleifera*). *Agrointek: Jurnal Teknologi Industri Pertanian, 17*(1), 159–168. https://doi.org/10.21107/agrointek.v17i1.10789

Iznilillah, W., Amalia, L., & Aminah, S. (2025). Pengaruh Penambahan Ekstrak Habbatussauda (*Nigella sativa*) dan Madu (*Apis mellifera* Linneus) terhadap Sifat Kimia Permen Keras. *Jurnal Ilmiah Pangan Halal, 7*(1), 128–140. https://doi.org/10.30997/jiph.v7i1.18045

Jeon, Y., Oh, J., & Cho, M. S. (2021). Formulation optimization of sucrose-free hard candy fortified with *Cudrania tricuspidata* extract. *Foods, 10*(10), Article 2464. https://doi.org/10.3390/foods10102464

Kamal, G. M., Nazi, N., Sabir, A., Saqib, M., Zhang, X., Jiang, B., Khan, J., Noreen, A., Uddin, J., & Murtaza, S. (2023). Yield and chemical composition of ginger essential oils as affected by inter-varietal variation and drying treatments of rhizome. *Separations, 10*(3), Article 186. https://doi.org/10.3390/separations10030186

Kashyap, P., Kumar, S., Riar, C. S., Jindal, N., Baniwal, P., Guiné, R. P. F., Correia, P. M. R., Mehra, R., & Kumar, H. (2022). Recent advances in drumstick (*Moringa oleifera*) leaves bioactive compounds: Composition, health benefits, bioaccessibility, and dietary applications. *Antioxidants, 11*(2), Article 402. https://doi.org/10.3390/antiox11020402

Khalid, S., Arshad, M., Mahmood, S., Ahmed, W., Siddique, F., Khalid, W., Zarlasht, M., Asar, T. O., & Hassan, F. A. M. (2023). Nutritional and phytochemical screening of *Moringa oleifera* leaf powder in aqueous and ethanol extract. *International Journal of Food Properties, 26*(1), 2338–2348. https://doi.org/10.1080/10942912.2023.2246685

Koch, W., Kukula-Koch, W., Marzec, Z., Kasperek, E., Wyszogrodzka-Koma, L., Szwerc, W., & Asakawa, Y. (2017). Application of chromatographic and spectroscopic methods towards the quality assessment of ginger (*Zingiber officinale*) rhizomes from ecological plantations. *International Journal of Molecular Sciences, 18*(2), Article 452. https://doi.org/10.3390/ijms18020452

Kuzu, S., Ozel, B., Uguz, S. S., Dogdu, S., Marangoz, M. A., Grunin, L., & Oztop, M. H. (2025). Investigating the crystallinity of hard candies prepared and stored at different temperatures with low field-NMR relaxometry. *Journal of the Science of Food and Agriculture, 105*(1), 489–497. https://doi.org/10.1002/jsfa.13847

Liang, K., Cao, J., Wang, J., Cao, F., & Su, E. (2025). A comprehensive review of *Moringa oleifera* leaves and seeds with a focus on their food-related aspects. *Journal of Food Composition and Analysis, 140*, Article 107247. https://doi.org/10.1016/j.jfca.2025.107247

Munda, S., Dutta, S., Haldar, S., & Lal, M. (2018). Chemical analysis and therapeutic uses of ginger (*Zingiber officinale* Rosc.) essential oil: A review. *Journal of Essential Oil Bearing Plants, 21*(4), 994–1002. https://doi.org/10.1080/0972060X.2018.1524794

Nazila, N., Asta, H., & Salwati, N. U. (2023). Formulasi dan Aktivitas Antioksidan Hard Candy Daun Gaharu sebagai Produk Herbal untuk Perokok Aktif dan Pasif. *Media Ilmiah Kesehatan Indonesia, 1*(1), 16–23. https://doi.org/10.58184/miki.v1i1.60

Ozel, B., Kuzu, S., Marangoz, M. A., Dogdu, S., Morris, R. H., & Oztop, M. H. (2024). Hard candy production and quality parameters: A review. *Open Research Europe, 4*, Article 60. https://doi.org/10.12688/openreseurope.16792.1

Phan, N. T., Nguyen, P. A., & Nguyen Thi, K. L. (2025). Development the gummy candies made from passion fruit (*Passiflora edulis*) and moringa leaf (*Moringa oleifera*). *CTU Journal of Innovation and Sustainable Development, 17*(2), 54–65. https://doi.org/10.22144/ctujoisd.2025.035

Promdam, N., & Panichayupakaranant, P. (2022). [6]-Gingerol: A narrative review of its beneficial effect on human health. *Food Chemistry Advances, 1*, Article 100043. https://doi.org/10.1016/j.focha.2022.100043

Rasdiana, F. Z., & Refdi, C. W. (2022). Pengaruh Penambahan Serbuk Daun Kelor terhadap Karakteristik Fisikokimia dan Aktivitas Antioksidan Permen Jahe Merah. *Jurnal Teknologi Pertanian Andalas, 26*(1), 38–46. https://doi.org/10.25077/jtpa.26.1.38-46.2022

Ratnawati, Utami, R. P., & Novaria, A. A. (2025). Functional jelly candy of moringa leaves, ginger, and dragon fruit for pregnant women. *Jurnal SAGO Gizi dan Kesehatan, 6*(2), 345–353. https://doi.org/10.30867/gikes.v6i2.2437

Salwa, N., Ahmad, A., Fitriyaningsih, E., Novita, R., Arifin, S. R., & Nuraskin, C. A. (2025). Effects of moringa leaf powder substitution on organoleptic characteristics, iron, and vitamin C of calamansi orange gummy candy. *AcTion: Aceh Nutrition Journal, 10*(4), 1157–1165. https://doi.org/10.30867/action.v10i4.2816

Shaukat, M. N., Nazir, A., & Fallico, B. (2023). Ginger bioactives: A comprehensive review of health benefits and potential food applications. *Antioxidants, 12*(11), Article 2015. https://doi.org/10.3390/antiox12112015

Styawan, A. A., Susidarti, R. A., Purwanto, Windarsih, A., Rahmawati, N., Sholikhah, I. K. M., & Rohman, A. (2022). Review on ginger (*Zingiber officinale* Roscoe): Phytochemical composition, biological activities and authentication analysis. *Food Research, 6*(4), 443–454. https://doi.org/10.26656/fr.2017.6(4).500

Supriyanto, Mojiono, & Dewi, M. W. P. (2023). Efek Penambahan Ekstrak Jahe (*Zingiber officinale* Rosc.) serta Rasio Glukosa dan Fruktosa pada *Sucrose-Free Hard Candy*. *Rekayasa, 16*(2), 122–131. https://doi.org/10.21107/rekayasa.v16i2.20158

Supriyanto, Mojiono, & Ma'rifah, S. (2025). Formulasi Hard Candy Tinggi Antioksidan dengan Penambahan Cabe Jamu (*Piper retrofractum* Vahl). *Jurnal Agroindustri, 15*(1), 40–52. https://doi.org/10.31186/jagroindustri.15.1.40-52

Tafu, N. N., & Jideani, V. A. (2022). Proximate, elemental, and functional properties of novel solid dispersions of *Moringa oleifera* leaf powder. *Molecules, 27*(15), Article 4935. https://doi.org/10.3390/molecules27154935

Tarfaoui, K., Brhadda, N., Ziri, R., Oubihi, A., Imtara, H., Haida, S., Al Kamaly, O. M., Saleh, A., Parvez, M. K., Fettach, S., & Ouhssine, M. (2022). Chemical profile, antibacterial and antioxidant potential of *Zingiber officinale* Roscoe and *Elettaria cardamomum* (L.) Maton essential oils and extracts. *Plants, 11*(11), Article 1487. https://doi.org/10.3390/plants11111487

Tranquilino-Rodríguez, E., Bautista-Durán, E., Virgen-Ortiz, J. J., Garnica-Romo, M. G., Alvarez-Cortés, O., Ochoa-Manzo, G. M., & Martínez-Flores, H. E. (2025). Nutritional and techno-functional properties of ultrasound-assisted *Moringa oleifera* leaf protein concentrate with potential applications in food gels. *Gels, 11*(11), Article 843. https://doi.org/10.3390/gels11110843

Vinodkumar, T., Dinesh, T., Ghosh, K., & Ilavarasan, R. (2025). A comprehensive analysis of minerals in *Moringa oleifera* leaves, seeds, stem bark, and ash using inductively coupled plasma-optical emission spectroscopy (ICP-OES). *Discover Chemistry, 2*, Article 36. https://doi.org/10.1007/s44371-025-00115-0

Yücel, Ç., Karatoprak, G. Ş., Açıkara, Ö. B., Akkol, E. K., Barak, T. H., Sobarzo-Sánchez, E., Aschner, M., & Shirooie, S. (2022). Immunomodulatory and anti-inflammatory therapeutic

potential of gingerols and their nanoformulations. *Frontiers in Pharmacology, 13*, Article 902551. https://doi.org/10.3389/fphar.2022.902551

Yulia, M., Azra, F. P., & Ranova, R. (2022). Formulasi Hard Candy dari Sari Buah Jeruk Nipis (*Citrus aurantifolio*), Madu (*Mell depuratum*) dan Kayu Manis (*Cinnamomum burmanii*) Berdasarkan Perbedaan Sirup Glukosa. *Jurnal Riset Kefarmasian Indonesia, 4*(1), 89–100. https://doi.org/10.33759/jrki.v4i1.212

Zarwinda, I., Saranda, R., Andalia, R., Hardiana, & Rejeki, D. P. (2022). Formulasi Hard Candy dari Asam Sunti. *Jurnal Sains dan Kesehatan Darussalam, 2*(1), 16–22. https://doi.org/10.56690/jskd.v2i1.34