

## RESEARCH STUDY

Indonesian Version

OPEN ACCESS

# Karakteristik Fisikokimia, Mikrobiologi dan Sensori Yogurt Susu Kambing (*Capra aegagrus hircus*) diperkaya Sari Kacang Hijau (*Vigna radiata*)

## Physicochemical, Microbiological and Sensory Characteristics of Goat Milk (*Capra aegagrus hircus*) Yogurt with Mungbean (*Vigna radiata*) Extract Enrichment

Hardi Firmansyah<sup>1\*</sup>, Risti Rosmiati<sup>1</sup>, Iza Ayu Saufani<sup>1</sup>, Zulfa Nur Hanifa<sup>1</sup><sup>1</sup>Program Studi Gizi, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Medan, Medan, Indonesia

## INFO ARTIKEL

Received: 14-09-2024

Accepted: 24-01-2025

Published online: 20-06-2025

## \*Koresponden:

Hardi Firmansyah

[hardigizi@unimed.ac.id](mailto:hardigizi@unimed.ac.id)

DOI:

10.20473/amnt.v9i2.2025.266-277

## Tersedia secara online:

[https://e-](https://e-journal.unair.ac.id/AMNT)[journal.unair.ac.id/AMNT](https://e-journal.unair.ac.id/AMNT)

## Kata Kunci:

Fermentasi, Analisis pangan, Probiotik, Yogurt

## ABSTRAK

**Latar Belakang:** Susu kambing menawarkan manfaat kesehatan yang lebih unggul dibandingkan susu sapi, sementara kacang hijau kaya akan zat gizi dan mendukung pertumbuhan probiotik.

**Tujuan:** Menganalisis karakteristik fisikokimia, mikrobiologi, dan sensoris yogurt susu kambing yang diperkaya dengan ekstrak kacang hijau.

**Metode:** Rancangan Acak Lengkap (RAL) digunakan dengan empat formulasi susu kambing dan ekstrak kacang hijau dengan perbandingan 100%:0%, 85%:15%, 70%:30%, dan 55%:45%. Analisis fisikokimia meliputi pH, keasaman, kadar abu, total padatan, protein, lemak, dan total gula. Analisis mikrobiologi difokuskan pada jumlah bakteri asam laktat (BAL). Evaluasi sensori dilakukan menggunakan uji hedonik dan mutu hedonik. Semua parameter dianalisis menggunakan One-Way ANOVA, dan formulasi terbaik ditentukan menggunakan metode De Garmo.

**Hasil:** Nilai pH berkisar antara 3,96 hingga 4,12, sesuai dengan tingkat keasaman yang diharapkan untuk produk yogurt. Kadar abu, protein, lemak, dan total padatan bervariasi secara moderat antar sampel, yang memengaruhi profil gizi yogurt. Jumlah BAL mencapai puncaknya sebesar 8,95 Log CFU/ml pada formulasi 85%:15%. Evaluasi sensori menunjukkan bahwa formulasi dengan perbandingan 85%:15% memperoleh skor tertinggi untuk tekstur dan kesukaan keseluruhan, dengan keseimbangan optimal antara rasa asam, manis, dan tekstur.

**Kesimpulan:** Fortifikasi yogurt susu kambing dengan ekstrak kacang hijau secara signifikan memengaruhi karakteristik fisiko-kimia, mikrobiologi, dan sensori. Formulasi susu kambing 85% dan ekstrak kacang hijau 15% memberikan keseimbangan terbaik antara nilai gizi, potensi probiotik, dan penerimaan konsumen.

## PENDAHULUAN

Susu kambing (*Capra aegagrus hircus*) telah mendapatkan perhatian yang signifikan karena sifat gizinya yang lebih unggul dibandingkan dengan susu sapi, menjadikannya pilihan yang lebih baik bagi individu yang memiliki intoleransi laktosa dan alergi terhadap protein susu sapi. Penelitian menunjukkan bahwa susu kambing mengandung kadar vitamin, mineral, dan senyawa bioaktif esensial yang lebih tinggi, sehingga memberikan manfaat kesehatan. Komposisi uniknya, termasuk asam lemak rantai pendek dan menengah, mendukung pencernaan yang lebih baik dan mengurangi reaksi alergi<sup>1-3</sup>. Selain itu, penelitian mengindikasikan bahwa susu kambing lebih mudah dicerna karena globula lemaknya yang lebih kecil dan kandungan protein alergi yang lebih rendah, seperti  $\alpha$ S1-kasein, yang lebih umum ditemukan pada susu sapi<sup>4,5</sup>.

Fermentasi susu kambing menjadi yogurt meningkatkan sifat gizi dan fungsionalnya dengan memperkenalkan probiotik yang bermanfaat, terutama bakteri asam laktat, yang penting bagi kesehatan saluran cerna. Strain probiotik seperti *Lactobacillus acidophilus* menunjukkan tingkat kelangsungan hidup yang menjanjikan dalam yogurt susu kambing, sehingga meningkatkan manfaat fungsionalnya<sup>6,7</sup>. Proses fermentasi juga meningkatkan ketersediaan hayati zat gizi dan memperkuat sifat anti-inflamasi serta anti-alergi produk, menjadikan yogurt susu kambing sebagai pangan fungsional yang mendukung kesehatan secara keseluruhan<sup>1,8</sup>.

Yogurt susu kambing sering kali dikaitkan dengan rasa yang kuat dan tajam yang membatasi penerimaan konsumen. Karakteristik ini, yang sering disebut sebagai rasa "kambing atau *goaty*" menjadi penghalang utama

adopsi yogurt susu kambing secara luas dibandingkan dengan rasa yogurt susu sapi yang lebih ringan<sup>9</sup>. Penting untuk meningkatkan rasa yogurt susu kambing untuk meningkatkan penerimaan konsumen. Dengan meningkatnya permintaan akan alternatif susu, mengatasi hambatan sensoris ini menjadi sangat krusial. Rasa yang kuat pada yogurt susu kambing membatasi pasar produknya dibandingkan dengan yogurt susu sapi, meskipun memiliki manfaat kesehatan, sehingga peningkatan rasa menjadi hal yang esensial. Penelitian sebelumnya telah mengeksplorasi berbagai metode untuk meningkatkan daya tarik sensoris yogurt susu kambing, termasuk penambahan penambah rasa atau bahan nabati, tetapi solusi yang dihasilkan masih belum memadai<sup>10,11</sup>. Salah satu solusi potensial untuk tantangan sensoris ini adalah dengan mengintegrasikan ekstrak kacang hijau. Kacang hijau dikenal karena nilai zat gizinya yang tinggi dan rasa yang netral, yang dapat membantu menutupi rasa kuat yogurt susu kambing sekaligus memperkaya produk dengan manfaat kesehatan tambahan. Selain itu, kacang hijau kaya akan senyawa bioaktif yang mendukung pertumbuhan probiotik selama fermentasi, meningkatkan profil mikrobiologis dan karakteristik sensoris produk secara keseluruhan<sup>12</sup>.

Kacang hijau (*Vigna radiata*) telah banyak diteliti karena sifat gizi dan manfaatnya bagi kesehatan. Kaya akan protein, vitamin, dan fitokimia, kacang hijau memiliki aktivitas antioksidan dan anti-inflamasi yang kuat, menjadikannya bahan fungsional ideal dalam formulasi pangan<sup>13,14</sup>. Penambahan kacang hijau dalam produk susu telah terbukti meningkatkan profil gizi, tekstur, dan kualitas keseluruhan produk tersebut<sup>15</sup>. Dalam produksi yogurt, ekstrak kacang hijau menunjukkan kemampuan untuk mendukung pertumbuhan bakteri probiotik yang bermanfaat, terutama strain asam laktat yang penting untuk fermentasi<sup>16,17</sup>. Hubungan simbiotik antara prebiotik dan probiotik ini sangat penting untuk meningkatkan sifat fungsional produk susu fermentasi<sup>18</sup>. Penelitian juga menunjukkan bahwa ekstrak kacang hijau dapat meningkatkan atribut sensoris yogurt dengan menetralkan rasa yang tidak diinginkan dan meningkatkan tekstur, sehingga produk lebih menarik bagi konsumen<sup>9,11</sup>. Pengintegrasian ekstrak kacang hijau ke dalam yogurt susu kambing juga dapat meningkatkan sifat fisikokimia produk. Sebagai contoh, ekstrak kacang hijau telah terbukti meningkatkan viskositas dan kelembutan yogurt, yang berkontribusi pada tekstur yang lebih diinginkan<sup>12,15</sup>. Selain itu, sifat prebiotiknya dapat merangsang pertumbuhan probiotik, sehingga meningkatkan profil mikrobiologis dan gizi yogurt.

Temuan ini menunjukkan potensi yang menjanjikan, namun masih terdapat kesenjangan signifikan dalam literatur mengenai aplikasi ekstrak kacang hijau pada yogurt susu kambing. Sementara manfaat mikrobiologis kacang hijau, khususnya efek prebiotiknya terhadap pertumbuhan probiotik, telah banyak didokumentasikan pada produk susu lainnya, sedikit yang diketahui tentang bagaimana manfaat ini diterapkan pada formulasi yogurt susu kambing. Sebagian besar penelitian berfokus pada yogurt susu sapi, meninggalkan yogurt susu kambing kurang

dieksplorasi<sup>10</sup>. Selain itu, implikasi sensoris dari penambahan ekstrak kacang hijau ke yogurt susu kambing belum diteliti secara menyeluruh. Mengingat profil rasa susu kambing yang kuat, memahami bagaimana ekstrak kacang hijau memengaruhi rasa, aroma, dan tekstur yogurt susu kambing sangat penting untuk meningkatkan penerimaan konsumen<sup>19</sup>. Selain itu, penelitian tentang interaksi fisikokimia antara ekstrak kacang hijau dan protein susu kambing masih terbatas, mewakili kesenjangan signifikan dalam basis pengetahuan saat ini.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi karakteristik fisikokimia, mikrobiologis, dan sensoris yogurt susu kambing yang diperkaya dengan ekstrak kacang hijau. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan bagaimana penambahan ekstrak kacang hijau memengaruhi parameter utama seperti pH, keasaman, abu, protein, lemak, total gula, dan padatan tanpa lemak. Selain itu, penelitian ini akan mengevaluasi profil mikrobiologis yogurt, dengan fokus pada pertumbuhan bakteri asam laktat yang bermanfaat dan karakteristik sensorisnya, termasuk rasa, tekstur, dan penerimaan konsumen secara keseluruhan. Penelitian ini merupakan hal baru dalam mengintegrasikan ekstrak kacang hijau ke dalam yogurt susu kambing, suatu area yang belum banyak diteliti. Hipotesisnya adalah bahwa memperkaya yogurt susu kambing dengan ekstrak kacang hijau akan menghasilkan peningkatan yang signifikan pada sifat fisikokimia, meningkatkan profil mikrobiologis, dan meningkatkan daya tarik sensorisnya. Dengan menjawab kesenjangan penelitian terkait tantangan sensoris dan fisikokimia yogurt susu kambing, penelitian ini berkontribusi pada bidang ilmu pangan dan pengembangan produk susu fungsional.

## METODE

### Desain Eksperimen

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan empat formulasi perlakuan (rasio susu kambing dan ekstrak kacang hijau: 100:0, 85:15, 70:30, dan 55:45) dan dua ulangan. Setelah proses pencampuran dan pasteurisasi, sebanyak 7,5% dari total volume ditambahkan bakteri asam laktat (BAL) untuk meningkatkan keamanan, memberikan tekstur, dan menambahkan senyawa bermanfaat seperti asam organik dan vitamin. Sampel yogurt diinkubasi selama 4 jam, kemudian difermentasi selama 24 jam pada suhu ruang dalam wadah tertutup untuk mendukung aktivitas mikroba yang optimal. Setelah proses fermentasi selesai, yogurt disimpan di lemari pendingin untuk menghentikan fermentasi dan mempertahankan kualitas produk.

### Bahan

Semua bahan yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari pasar tradisional di Sumatera Utara, Indonesia, untuk memastikan penggunaan bahan lokal yang mudah diperoleh. Bahan-bahan tersebut meliputi susu kambing (*Capra aegagrus hircus*), kacang hijau (*Vigna radiata*), starter yogurt, dan gula, yang dipilih berdasarkan relevansi ilmiah dan ketersediaannya. Susu kambing diperoleh dari peternakan lokal dan digunakan sebagai bahan utama dalam produksi yogurt. Susu

tersebut berkualitas tinggi, segar, dan telah dipasteurisasi untuk menjamin keamanan serta konsistensi selama proses produksi. Starter yogurt yang digunakan adalah *Biokul® plain yogurt (PT. Diamond Cold Storage, Indonesia)*, yang mengandung *Lactobacillus acidophilus* dan *Bifidobacterium*. Strain ini dipilih karena kemampuannya yang terbukti dalam mendukung proses fermentasi dan memastikan keberadaan bakteri asam laktat (BAL) yang bermanfaat. Pemilihan yogurt *Biokul®* didasarkan pada aksesibilitasnya dan penggunaannya yang telah teruji dalam fermentasi yogurt pada penelitian sebelumnya<sup>20,21</sup>. Semua bahan untuk analisis fisik, kimia, dan mikrobiologi dipilih dan diproses sesuai dengan standar SNI 2981:2009 untuk yogurt<sup>22</sup>.

### Persiapan Sampel

Ekstrak kacang hijau dipersiapkan sehari sebelum produksi yogurt. Setelah kacang hijau direndam dalam air selama 9 jam dengan perbandingan 1:2, kacang digiling dengan air dalam perbandingan 1:3, disaring menggunakan kain steril, dan disimpan dalam wadah kedap udara untuk menghindari kontaminasi. Untuk produksi yogurt, wadah kaca dipasteurisasi selama 15 menit. Formulasi rasio susu kambing dan ekstrak kacang hijau adalah 100:0, 85:15, 70:30, dan 55:45, dengan penambahan gula sebanyak 10% pada setiap campuran. Rasio ini ditentukan berdasarkan penelitian sebelumnya yang mengeksplorasi keseimbangan optimal antara manfaat gizi susu kambing dan peningkatan sifat sensoris produk dengan ekstrak kacang hijau. Homogenisasi dilakukan untuk menghilangkan gumpalan lemak dan meningkatkan tekstur serta kadar lemak rendah pada produk. Pasteurisasi campuran pada suhu 70°C selama 15 menit dilakukan untuk meminimalkan kehilangan nilai gizi sambil mempertahankan kesegaran dan cita rasa.

### Parameter

Parameter fisikokimia utama yang diukur meliputi pH, keasaman, kadar lemak, kadar protein, total padatan tanpa lemak, dan kadar abu. Semua analisis kimia dilakukan sesuai dengan standar SNI 2981:2009 untuk yogurt<sup>22</sup>, memastikan kepatuhan terhadap regulasi nasional. Analisis ini dilakukan langsung oleh peneliti di Laboratorium Analisis Zat Gizi Program Studi Gizi Universitas Negeri Medan untuk memastikan data yang akurat dan andal. Analisis mikrobiologi difokuskan pada penghitungan total jumlah bakteri asam laktat (BAL) yang terdapat pada yogurt dengan menggunakan teknik mikrobiologi standar untuk menjaga konsistensi.

Untuk pengujian organoleptik, dilakukan uji hedonik menggunakan 30 panelis tidak terlatih. Panelis dipilih berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi tertentu untuk menjaga konsistensi persepsi sensoris mereka.

Kriteria inklusi mencakup mahasiswa gizi yang telah menyelesaikan mata kuliah terkait uji sensoris serta menyukai yogurt dan tidak memiliki alergi terhadap protein susu atau produk berbasis susu. Panelis mengevaluasi atribut sensoris seperti rasa, aroma, warna, kekentalan, dan homogenitas menggunakan skala Likert lima poin. Uji mutu hedonik juga dilakukan untuk menilai kualitas sensoris keseluruhan yogurt.

### Analisis Statistik

Data yang diperoleh dari analisis fisikokimia dan sensoris dianalisis secara statistik menggunakan Analisis Varian (ANOVA) untuk menentukan perbedaan signifikan antara empat formulasi yogurt (rasio susu kambing dan ekstrak kacang hijau: 100:0, 85:15, 70:30, 55:45) pada berbagai parameter yang diukur. ANOVA diterapkan untuk mengevaluasi perbedaan pada parameter utama seperti pH, tekstur (kualitas hedonik), dan jumlah bakteri asam laktat (BAL). Parameter ini dipilih karena menunjukkan perbedaan signifikan secara statistik dengan p-value kurang dari 0,05. Setelah perbedaan signifikan diidentifikasi melalui ANOVA, metode De Garmo diterapkan untuk mengoptimalkan pemilihan formula yogurt yang paling sesuai. Metode De Garmo melibatkan perbandingan nilai efektif (NE) dan nilai produktivitas (NP) pada parameter yang signifikan. NE mencerminkan kinerja relatif setiap formulasi untuk parameter tertentu, yang dihitung dengan membandingkan perbedaan antara nilai pengamatan dan formulasi dengan kinerja terburuk terhadap rentang nilai terbaik dan terburuk. NP diperoleh dengan mengalikan NE dengan bobot yang diberikan untuk setiap parameter, yang mencerminkan pentingnya parameter tersebut terhadap kualitas produk akhir. Formula dengan total skor berbobot tertinggi dianggap sebagai formulasi optimal. Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian berjudul "Pengaruh Yogurt Susu Kambing yang Diperkaya dengan Ekstrak Kacang Hijau terhadap Profil Lipid Tikus Jantan (*Rattus norvegicus*)", yang telah mendapatkan persetujuan etik dari Komite Etik Penelitian Hewan (KEPH) Universitas Sumatera Utara dengan nomor persetujuan 0640/KEPH-FMIPA/2024 pada tanggal 25 Juli 2024.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil fisikokimia dan mikrobiologi pada Tabel 1 menunjukkan karakteristik yogurt susu kambing yang diperkaya dengan ekstrak kacang hijau, yang memberikan wawasan penting mengenai pengaruh ekstrak kacang hijau terhadap keasaman, pH, kadar lemak, kadar protein, kadar abu, padatan tanpa lemak, serta profil mikrobiologi, terutama jumlah bakteri asam laktat (BAL).

**Tabel 1.** Karakteristik fisikokimia dan mikrobiologi yogurt susu kambing yang diperkaya dengan ekstrak kacang hijau

Karakteristik	Formula <sup>1</sup>			
	F0	F1	F2	F3
Fisikokimia				
pH	4,32 ± 0,04 <sup>a</sup>	4,12 ± 0,02 <sup>b</sup>	4,08 ± 0,06 <sup>b</sup>	4,0 ± 0,06 <sup>b</sup>
Keasaman	0,80 ± 0,23 <sup>a</sup>	0,94 ± 0,11 <sup>a</sup>	0,94 ± 0,18 <sup>a</sup>	0,97 ± 0,23 <sup>a</sup>
Abu (%)	0,68 ± 0,18 <sup>a</sup>	0,66 ± 0,04 <sup>a</sup>	0,68 ± 0,14 <sup>a</sup>	0,62 ± 0,06 <sup>a</sup>

Karakteristik	Formula <sup>1</sup>			
	F0	F1	F2	F3
Protein (%)	3,46 ± 0,62 <sup>a</sup>	3,20 ± 0,37 <sup>a</sup>	3,08 ± 0,11 <sup>a</sup>	3,07 ± 0,42 <sup>a</sup>
Lemak (%)	3,52 ± 0,71 <sup>a</sup>	2,98 ± 0,15 <sup>a</sup>	2,76 ± 0,40 <sup>a</sup>	1,98 ± 0,01 <sup>a</sup>
Total Gula (%)	12,83 ± 0,97 <sup>a</sup>	11,79 ± 0,87 <sup>a</sup>	10,81 ± 0,72 <sup>a</sup>	9,7 ± 0,68 <sup>a</sup>
Padatan Tanpa Lemak (%)	6,28 ± 0,17 <sup>a</sup>	7,38 ± 0,36 <sup>a</sup>	7,95 ± 0,21 <sup>a</sup>	9,0 ± 0,25 <sup>a</sup>
Microbiologi				
Bakteri Asam Laktat (Log CFU/ml)	8,4 ± 1,1 <sup>a</sup>	8,95 ± 1,46 <sup>b</sup>	8,83 ± 0,3 <sup>c</sup>	8,79 ± 1,35 <sup>c</sup>

<sup>1</sup> Rasio formulasi susu kambing terhadap ekstrak kacang hijau (F0=100:0, F1=85:15, F2=70:30, F3=55:45). Angka dengan huruf yang sama pada baris yang sama menunjukkan tidak ada perbedaan signifikan pada  $\alpha$  5%.

Seiring dengan meningkatnya konsentrasi ekstrak kacang hijau, pH yogurt menurun sementara tingkat keasamannya meningkat. Secara spesifik, sampel kontrol (F0) memiliki pH tertinggi (4,32), sedangkan konsentrasi ekstrak tertinggi (F3) memiliki pH terendah (4,00). Begitu pula, tingkat keasaman meningkat dari 0,80% pada F0 menjadi 0,97% pada F3. Hubungan yang jelas antara konsentrasi ekstrak kacang hijau yang lebih tinggi dengan pH yang lebih rendah dan keasaman yang lebih tinggi ini dapat dijelaskan oleh aktivitas fermentasi bakteri asam laktat (BAL), yang mengubah gula menjadi asam laktat, sehingga menurunkan pH dan meningkatkan keasaman<sup>24-26</sup>. Ekstrak kacang hijau mengandung zat gizi yang kemungkinan berperan sebagai substrat bagi BAL, merangsang pertumbuhan dan aktivitas mereka, yang pada akhirnya menghasilkan produksi asam laktat yang lebih tinggi<sup>27</sup>. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa fortifikasi berbasis tanaman seperti kacang hijau dapat meningkatkan aktivitas mikroba dan mempercepat proses fermentasi, sebagaimana terlihat pada penelitian fermentasi berbasis susu dan tanaman lainnya<sup>28</sup>. Penurunan pH akibat produksi asam laktat yang lebih tinggi konsisten dengan prinsip fermentasi yang telah dikenal<sup>24</sup>.

Kandungan abu dalam yogurt tetap stabil pada semua formulasi, berkisar antara 0,62% pada F0 hingga 0,68% pada F3, menunjukkan bahwa penambahan ekstrak kacang hijau tidak memengaruhi kandungan mineral secara signifikan. Stabilitas ini sejalan dengan profil mineral yang secara alami konsisten pada susu kambing dan kacang hijau, serta temuan dari penelitian sebelumnya yang melaporkan perubahan minimal pada kandungan abu selama fermentasi susu kambing<sup>29,30</sup>. Kandungan abu yang stabil menunjukkan bahwa ekstrak kacang hijau tidak mengganggu keseimbangan mineral yogurt susu kambing. Sebaliknya, penambahan kacang hijau dapat meningkatkan nilai gizi secara keseluruhan tanpa mengubah komposisi mineral esensial, yang penting untuk mempertahankan manfaat kesehatan yogurt<sup>31</sup>. Selain itu, profil mineral yang konsisten pada susu kambing mendukung kualitas gizi produk, sehingga meningkatkan daya tarik konsumen, terutama untuk produk susu fungsional.

Kandungan protein menunjukkan sedikit penurunan seiring dengan meningkatnya konsentrasi ekstrak kacang hijau. Secara khusus, yogurt kontrol (F0) memiliki kandungan protein sebesar 3,46%, sedangkan sampel dengan konsentrasi kacang hijau tertinggi (F3) memiliki 3,07%. Penurunan ini dapat disebabkan oleh

efek pengenceran, karena ekstrak kacang hijau mengandung kadar protein yang lebih rendah dibandingkan susu kambing<sup>31</sup>. Meskipun terjadi sedikit penurunan, kandungan protein tetap berada dalam kisaran yang dapat diterima untuk formulasi yogurt, sehingga produk ini tetap mempertahankan nilai gizi dan teksturnya<sup>32</sup>. Tren ini konsisten dengan temuan sebelumnya bahwa fortifikasi berbasis tanaman dapat menyebabkan penurunan kadar protein, namun yogurt tetap mendapatkan manfaat dari senyawa bioaktif dalam kacang hijau, termasuk antioksidan dan fitokimia yang berkontribusi terhadap kesehatan secara keseluruhan<sup>33</sup>. Dengan demikian, meskipun kandungan protein sedikit menurun, manfaat fungsional ekstrak kacang hijau, seperti sifat antioksidannya, meningkatkan profil kesehatan yogurt<sup>18</sup>.

Terdapat penurunan kadar lemak yang signifikan seiring dengan penambahan ekstrak kacang hijau, yaitu dari 3,52% pada F0 menjadi 1,98% pada F3. Penurunan ini sejalan dengan temuan pada penelitian sebelumnya, di mana penambahan bahan berbasis tanaman yang memiliki kadar lemak lebih rendah dibandingkan produk susu menyebabkan penurunan kadar lemak pada yogurt<sup>34</sup>. Penggunaan ekstrak kacang hijau mengencerkan kandungan lemak sekaligus memberikan manfaat kesehatan tambahan, seperti penurunan kadar kolesterol dan sifat hipolipidemik<sup>35</sup>. Penurunan kadar lemak ini sangat menarik bagi konsumen yang peduli kesehatan, terutama mereka yang mencari makanan rendah lemak atau makanan fungsional. Meskipun kadar lemak berkurang, kualitas dan profil gizi keseluruhan yogurt meningkat dengan adanya ekstrak kacang hijau, yang mengkompensasi penurunan kadar lemak dengan meningkatkan kapasitas antioksidan dan menambahkan senyawa bioaktif<sup>36</sup>.

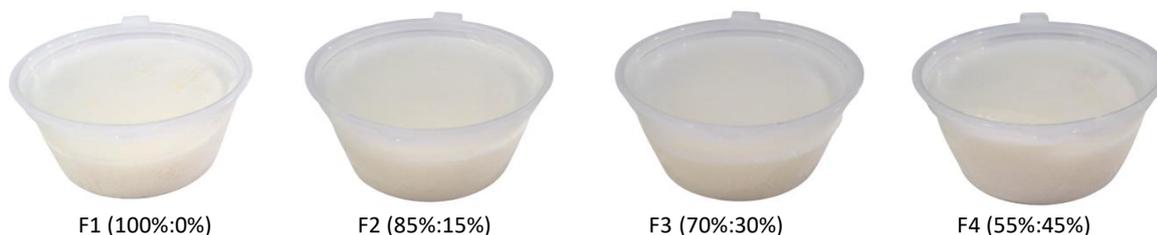
Kandungan gula total menurun dengan meningkatnya konsentrasi ekstrak kacang hijau, yaitu dari 12,83% pada F0 menjadi 9,70% pada F3. Penurunan ini mencerminkan proses fermentasi, di mana BAL (bakteri asam laktat) memetabolisme gula menjadi asam laktat, sehingga mengurangi kandungan gula pada produk akhir<sup>10</sup>. Seiring dengan meningkatnya aktivitas BAL, kandungan gula berkurang, yang juga berkontribusi pada peningkatan keasaman yogurt<sup>3</sup>. Sebaliknya, padatan tanpa lemak meningkat dari 6,28% pada F0 menjadi 9,00% pada F3, menunjukkan bahwa ekstrak kacang hijau berkontribusi pada kandungan padatan yogurt. Kandungan serat tinggi dan karbohidrat yang tidak dapat dicerna pada kacang hijau kemungkinan

besar meningkatkan padatan tanpa lemak, sehingga memperbaiki tekstur dan rasa yogurt<sup>37,38</sup>. Peningkatan padatan tanpa lemak ini juga berkontribusi pada pengalaman sensorik yang lebih baik, meningkatkan daya tarik keseluruhan yogurt.

Jumlah BAL menunjukkan peningkatan yang signifikan, mencapai puncaknya pada 8,95 log CFU/mL pada F1 dan sedikit menurun menjadi 8,79 log CFU/mL pada F3. Hal ini menunjukkan bahwa ekstrak kacang hijau berfungsi sebagai prebiotik, mendukung pertumbuhan BAL yang menguntungkan<sup>9</sup>. Efek prebiotik kacang hijau, yang telah didokumentasikan dalam berbagai penelitian, menunjukkan kemampuannya untuk mendukung pertumbuhan BAL, yang penting bagi manfaat kesehatan probiotik yogurt<sup>39</sup>. BAL bertanggung jawab untuk memproduksi asam laktat selama fermentasi, yang berkontribusi pada manfaat kesehatan dan sensorik yogurt, seperti peningkatan pencernaan, penekanan bakteri berbahaya, dan peningkatan ketersediaan hayati zat gizi<sup>40</sup>. Jumlah BAL yang stabil dalam formulasi yogurt dengan tambahan ekstrak kacang hijau mendukung sifat fungsional yogurt sebagai produk kaya probiotik yang dapat meningkatkan kesehatan pencernaan.

Karakteristik fisikokimia dan mikrobiologi yogurt susu kambing yang diperkaya dengan ekstrak kacang hijau menyoroti manfaat fungsional dari fortifikasi ini. Penurunan pH dan peningkatan jumlah BAL menunjukkan dinamika fermentasi yang meningkat, sementara stabilitas kandungan abu memastikan profil mineral yogurt tetap terjaga. Meskipun terdapat sedikit penurunan kandungan protein dan lemak, sifat zat gizi dan sensorik keseluruhan meningkat melalui penambahan ekstrak kacang hijau, menjadikan yogurt sebagai pilihan makanan fungsional yang menarik. Temuan ini menegaskan potensi ekstrak kacang hijau untuk meningkatkan manfaat kesehatan dan daya tarik pasar yogurt susu kambing.

Uji hedonik pada yogurt susu kambing yang diperkaya dengan ekstrak kacang hijau memberikan wawasan yang berharga mengenai preferensi konsumen, terutama dalam hal warna, aroma, rasa, tekstur, dan tingkat penerimaan secara keseluruhan. Berdasarkan hasil pada Tabel 2, atribut sensorik dari formulasi yogurt (F0 hingga F3) menunjukkan bagaimana ekstrak kacang hijau memengaruhi tingkat penerimaan konsumen pada berbagai aspek.



**Gambar 1.** Yogurt susu kambing yang diperkaya dengan ekstrak kacang hijau dalam berbagai formulasi

Skor warna menunjukkan penurunan yang signifikan seiring dengan peningkatan konsentrasi ekstrak kacang hijau. Sampel kontrol (F0) memperoleh skor tertinggi sebesar 4,21, sedangkan yogurt dengan konsentrasi ekstrak kacang hijau tertinggi (F3) mendapatkan skor 3,41. Penurunan ini disebabkan oleh pigmen alami dalam ekstrak kacang hijau yang mengubah penampilan yogurt, dari warna putih cerah khas yogurt susu kambing menjadi warna yang sedikit lebih gelap<sup>31</sup>.

Meskipun warna memiliki peran penting dalam persepsi konsumen, skor yang relatif tinggi menunjukkan bahwa perubahan visual ini tidak secara drastis memengaruhi penerimaan konsumen secara keseluruhan. Studi sebelumnya mencatat bahwa produk yang diperkaya dapat mengubah warna, namun perubahan warna yang moderat tidak selalu menyebabkan penolakan jika kualitas sensorik lainnya tetap baik<sup>41</sup>.

**Tabel 2.** Karakteristik sensorik yogurt susu kambing yang diperkaya dengan ekstrak kacang hijau

Karakteristik	Formula <sup>1</sup>			
	F0	F1	F2	F3
<b>Hedonik</b>				
Warna	4,21 ± 0,17 <sup>a</sup>	3,96 ± 0,36 <sup>a</sup>	3,88 ± 0,21 <sup>a</sup>	3,41 ± 0,25 <sup>a</sup>
Aroma	3,72 ± 0,22 <sup>a</sup>	3,6 ± 0,23 <sup>a</sup>	3,46 ± 0,09 <sup>a</sup>	3,46 ± 0,02 <sup>a</sup>
Rasa	3,44 ± 0,08 <sup>a</sup>	3,42 ± 0,49 <sup>a</sup>	3,36 ± 0,01 <sup>a</sup>	3,32 ± 0,01 <sup>a</sup>
Tekstur	3,7 ± 0,19 <sup>a</sup>	3,89 ± 0,37 <sup>a</sup>	3,56 ± 0,33 <sup>a</sup>	3,58 ± 0,3 <sup>a</sup>
Keseluruhan	3,82 ± 0,01 <sup>a</sup>	3,63 ± 0,23 <sup>a</sup>	3,46 ± 0,23 <sup>a</sup>	3,33 ± 0,33 <sup>a</sup>
<b>Mutu Hedonik</b>				
Warna	2,04 ± 0,97 <sup>a</sup>	1,64 ± 0,87 <sup>a</sup>	1,88 ± 0,72 <sup>a</sup>	1,76 ± 0,68 <sup>a</sup>
Aroma Langu <sup>2</sup>	3,11 ± 0,17 <sup>a</sup>	3,04 ± 0,36 <sup>a</sup>	2,91 ± 0,21 <sup>a</sup>	2,88 ± 0,25 <sup>a</sup>
Aroma Susu	2,84 ± 0,08 <sup>a</sup>	3,1 ± 0,49 <sup>a</sup>	3,06 ± 0,01 <sup>a</sup>	3,18 ± 0,01 <sup>a</sup>
Aroma Fermentasi	3,14 ± 0,01 <sup>a</sup>	3,16 ± 0,23 <sup>a</sup>	2,98 ± 0,23 <sup>a</sup>	2,88 ± 0,33 <sup>a</sup>

Karakteristik	Formula <sup>1</sup>			
	F0	F1	F2	F3
Rasa Asam	3,16 ± 0,3 <sup>a</sup>	3,19 ± 0,74 <sup>a</sup>	3,21 ± 0,54 <sup>a</sup>	3,10 ± 0,90 <sup>a</sup>
Rasa Manis	3,21 ± 0,54 <sup>a</sup>	3,23 ± 0,2 <sup>a</sup>	2,96 ± 0,16 <sup>a</sup>	3,04 ± 0,47 <sup>a</sup>
Tekstur	2,17 ± 0,37 <sup>a</sup>	3,78 ± 0,22 <sup>b</sup>	3,77 ± 0,42 <sup>b</sup>	3,8 ± 0,33 <sup>b</sup>

<sup>1</sup> Rasio formulasi susu kambing terhadap ekstrak kacang hijau (F0=100:0, F1=85:15, F2=70:30, F3=55:45);

<sup>2</sup> Bau khas yang umum ditemukan pada kacang-kacangan seperti kacang hijau. Angka dengan huruf yang sama dalam baris yang sama menunjukkan tidak ada perbedaan signifikan pada  $\alpha$  5%.

Skor aroma tetap stabil di semua formulasi, berkisar antara 3,72 pada F0 hingga 3,46 pada F3. Stabilitas ini menunjukkan bahwa penambahan ekstrak kacang hijau tidak memengaruhi aroma yogurt secara negatif. Mengingat aroma sering menjadi perhatian pada produk susu kambing, yang dapat memiliki aroma khas "kambing" yang tidak disukai beberapa konsumen, skor aroma yang stabil ini menunjukkan bahwa ekstrak kacang hijau membantu mempertahankan atau menetralkan aroma alami susu kambing<sup>9</sup>. Hasil serupa juga diamati pada produk susu lain yang diperkaya dengan ekstrak tanaman, di mana penambahan bahan berbasis tanaman tidak menyebabkan perubahan signifikan pada aroma<sup>42</sup>.

Skor rasa juga relatif konsisten, dengan sedikit penurunan dari 3,44 pada F0 menjadi 3,32 pada F3. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan ekstrak kacang hijau memiliki dampak minimal terhadap profil rasa yogurt. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa fortifikasi berbasis tanaman, terutama yang menggunakan kacang-kacangan seperti kacang hijau, sering kali hanya menyebabkan perubahan kecil pada rasa, sehingga rasa dasar produk susu tetap terjaga<sup>31</sup>. Variasi kecil dalam skor rasa ini menunjukkan bahwa meskipun ekstrak memperkenalkan senyawa baru, senyawa tersebut tidak mengurangi pengalaman rasa secara keseluruhan. Bahkan, penambahan ekstrak tanaman dalam jumlah moderat kadang-kadang dapat meningkatkan profil rasa, seperti yang terlihat pada studi yogurt lainnya<sup>42</sup>.

Skor tekstur menunjukkan tren yang lebih kompleks. Yogurt kontrol (F0) menerima skor 3,70, sedangkan yogurt dengan konsentrasi ekstrak kacang hijau terendah (F1) memperoleh skor tertinggi sebesar 3,89. Hal ini menunjukkan bahwa sejumlah kecil ekstrak kacang hijau dapat meningkatkan tekstur yogurt, kemungkinan besar karena kandungan polisakarida dalam ekstrak yang meningkatkan kekenyalan<sup>31</sup>. Namun, seiring meningkatnya konsentrasi, skor tekstur menurun sedikit, dengan F2 mendapatkan skor 3,56 dan F3 mendapatkan skor 3,58. Penurunan ini mungkin menunjukkan bahwa kadar ekstrak kacang hijau yang berlebihan menghasilkan tekstur yang lebih padat atau kurang halus, yang kemungkinan disebabkan oleh sifat serat pada ekstrak yang dapat memengaruhi sensasi di mulut secara negatif<sup>9</sup>. Temuan ini sejalan dengan penelitian tentang fortifikasi yogurt, yang menyoroti pentingnya pendekatan seimbang saat menambahkan bahan berbasis tanaman. Jumlah kecil dapat meningkatkan tekstur, sedangkan konsentrasi yang lebih tinggi dapat menyebabkan perubahan yang tidak diinginkan, seperti peningkatan viskositas atau tekstur yang kasar<sup>43</sup>.

Skor keseluruhan mencerminkan efek gabungan dari atribut sensorik individu. Yogurt kontrol (F0) menerima skor keseluruhan tertinggi sebesar 3,82, sedangkan formulasi dengan konsentrasi ekstrak kacang hijau tertinggi (F3) memperoleh skor terendah sebesar 3,33. Pola ini menunjukkan bahwa meskipun penambahan ekstrak kacang hijau dapat meningkatkan beberapa kualitas seperti tekstur, konsentrasi yang lebih tinggi dapat menyebabkan penurunan kepuasan konsumen akibat perubahan pada warna, tekstur, dan kemungkinan rasa. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penerimaan keseluruhan sangat terkait dengan keseimbangan antara atribut sensorik, dan fortifikasi yang berlebihan dapat menghasilkan penurunan peringkat konsumen, bahkan jika atribut individu dapat diterima<sup>44</sup>. Hasil uji hedonik menyoroti potensi ekstrak kacang hijau sebagai bahan fungsional dalam yogurt susu kambing. Penambahan ekstrak dalam tingkat moderat dapat meningkatkan tekstur dan mempertahankan profil rasa serta aroma yang dapat diterima, sementara konsentrasi yang berlebihan dapat menyebabkan penurunan kecil pada atribut sensorik seperti warna dan tekstur. Temuan ini sejalan dengan penelitian yang ada tentang fortifikasi produk susu, yang menekankan pentingnya keseimbangan saat menambahkan bahan berbasis tanaman untuk memastikan penerimaan konsumen.

Uji mutu hedonik terhadap warna yogurt susu kambing yang diperkaya dengan ekstrak kacang hijau menunjukkan tren yang jelas, dengan skor yang menurun seiring meningkatnya konsentrasi ekstrak kacang hijau. Formulasi kontrol (F0) memperoleh skor 2,04, sedangkan formulasi dengan konsentrasi ekstrak kacang hijau tertinggi (F3) mendapatkan skor terendah sebesar 1,64. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan ekstrak kacang hijau, dengan pigmen alaminya, mengubah daya tarik visual yogurt sehingga tampak kurang menarik bagi konsumen. Penampilan yogurt yang cerah dan berwarna putih biasanya diasosiasikan dengan kesegaran dan kualitas. Penyimpangan dari warna ini, seperti semburat kehijauan yang diperkenalkan oleh ekstrak kacang hijau, dapat memengaruhi persepsi konsumen secara negatif<sup>45,46</sup>.

Warna merupakan faktor utama yang memengaruhi penerimaan konsumen terhadap produk susu. Menurut Yilmaz-Ersan dan Topçuoğlu, penyimpangan dari pola warna yang diharapkan dapat secara signifikan memengaruhi preferensi konsumen karena warna erat kaitannya dengan persepsi kesegaran dan kualitas keseluruhan<sup>45</sup>. Hal serupa dilaporkan oleh Kim et al., yang menekankan bahwa penampilan visual makanan, khususnya warna, memainkan peran penting

dalam membentuk penerimaan konsumen<sup>46</sup>. Bahkan perubahan kecil yang diperkenalkan oleh bahan tambahan, seperti ekstrak kacang hijau, dapat mengurangi daya tarik produk. Hal ini juga didukung oleh Zhu et al., yang menegaskan bahwa warna adalah penentu utama daya jual dan kepuasan konsumen terhadap yogurt<sup>47</sup>. Skor warna yang relatif rendah pada semua formulasi, termasuk kontrol, menunjukkan bahwa warna alami yogurt susu kambing mungkin tidak memenuhi harapan konsumen akan kecerahan, bahkan sebelum fortifikasi. Costa et al. dan Dias et al. menekankan bahwa warna dan tekstur adalah aspek penting untuk penerimaan konsumen terhadap produk susu, yang menggarisbawahi tantangan dalam mempertahankan daya tarik visual pada formulasi yogurt, terutama saat menggunakan bahan tambahan yang dapat mengubah warna<sup>32,48</sup>.

Uji mutu hedonik terhadap aroma yogurt susu kambing yang diperkaya dengan ekstrak kacang hijau, berdasarkan Tabel 1, memberikan wawasan signifikan tentang persepsi konsumen. Skor aroma umum untuk sampel kontrol (F0) dan formulasi dengan konsentrasi ekstrak kacang hijau tertinggi (F3) relatif stabil, masing-masing sebesar 3,11 dan 2,88. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan ekstrak kacang hijau tidak secara substansial mengubah profil aroma keseluruhan yogurt. Temuan ini penting karena aroma khas "kambing" pada produk susu kambing sering kali menjadi kendala dalam penerimaan konsumen<sup>9</sup>. Dampak netral dari ekstrak kacang hijau menunjukkan bahwa bahan ini dapat digunakan untuk memperkaya yogurt susu kambing tanpa mengurangi atribut sensorik yang terkait dengan aroma.

Dalam hal aroma spesifik susu, skor hedonik menunjukkan sedikit peningkatan dengan penambahan ekstrak kacang hijau, dengan skor meningkat dari 2,84 pada F0 menjadi 3,18 pada F3. Peningkatan ini kemungkinan terkait dengan proses fermentasi yang dapat berinteraksi dengan senyawa volatil dan menghasilkan aroma yang lebih menarik. Penelitian menunjukkan bahwa ekstrak berbasis tanaman, seperti kacang hijau, dapat memberikan kontribusi positif terhadap profil sensorik produk susu fermentasi melalui produksi senyawa aromatik<sup>42</sup>. Hal ini menunjukkan bahwa fermentasi yogurt susu kambing dengan ekstrak kacang hijau dapat meningkatkan aroma alami susu, membuat produk lebih disukai konsumen, terutama mereka yang sensitif terhadap aroma khas susu kambing<sup>49</sup>. Temuan ini konsisten dengan penelitian yang lebih luas yang menunjukkan bahwa atribut sensorik yogurt susu kambing, seperti aroma, dapat ditingkatkan melalui penambahan bahan fungsional dan teknik fermentasi. Sebagai contoh, strain probiotik telah terbukti mengurangi rasa "goaty" yang tidak diinginkan, sehingga meningkatkan kualitas sensorik secara keseluruhan<sup>49</sup>. Demikian pula, ekstrak tanaman dan proses fermentasi khusus dapat meningkatkan profil rasa dan aroma yogurt, membuatnya lebih menarik bagi audiens yang lebih luas<sup>50</sup>. Penambahan ekstrak kacang hijau pada yogurt susu kambing memiliki efek netral terhadap aroma secara umum, namun memberikan dampak positif pada aroma spesifik susu. Hal ini mendukung penggunaan ekstrak kacang hijau sebagai

bahan fungsional yang dapat meningkatkan kualitas sensori yogurt susu kambing, mengatasi tantangan yang ditimbulkan oleh aroma khasnya, serta berpotensi meningkatkan penerimaan konsumen.

Skor aroma fermentasi menunjukkan variasi yang minimal, dengan skor tertinggi pada F1 (3,16) dan skor terendah pada F3 (2,88). Hal ini menunjukkan bahwa tingkat ekstrak kacang hijau tidak secara signifikan memengaruhi aroma fermentasi yogurt. Aroma fermentasi biasanya terkait dengan produksi asam laktat dan produk sampingan fermentasi lainnya, dan ekstrak kacang hijau, meskipun mendukung pertumbuhan bakteri asam laktat (BAL), tidak memperkenalkan bau yang menyengat. Perbedaan kecil antar formulasi menunjukkan bahwa proses fermentasi tetap konsisten, tanpa dampak negatif pada kualitas sensorik yang terkait dengan aroma. Karena aroma fermentasi sangat erat kaitannya dengan kesegaran dan kualitas yogurt, stabilitas skor di semua formulasi ini merupakan hasil yang positif. Konsistensi ini sejalan dengan penelitian yang menekankan pentingnya kontrol fermentasi dalam mempertahankan kualitas sensorik yogurt<sup>7</sup>.

Skor keasaman tetap relatif stabil di semua formulasi, berkisar antara 3,10 (F3) hingga 3,21 (F2), yang menunjukkan bahwa penambahan ekstrak kacang hijau tidak secara signifikan mengubah tingkat keasaman yogurt. Stabilitas ini penting, karena keasaman yang berlebihan dapat memengaruhi tingkat penerimaan konsumen secara negatif<sup>4</sup>. Konsistensi keasaman ini mengindikasikan bahwa proses fermentasi berlangsung sebagaimana mestinya, tanpa produksi asam laktat yang berlebihan meskipun terdapat tambahan substrat dari ekstrak kacang hijau yang dapat digunakan untuk fermentasi mikroba. Skor manis, di sisi lain, menunjukkan sedikit penurunan seiring peningkatan konsentrasi ekstrak kacang hijau, dari 3,21 pada F0 menjadi 2,96 pada F2. Penurunan rasa manis ini mungkin disebabkan oleh proses fermentasi, di mana gula dalam yogurt dikonsumsi oleh bakteri asam laktat (BAL) dan diubah menjadi asam. Penurunan rasa manis ini sejalan dengan peningkatan keasaman dan penurunan kandungan gula total yang diamati dalam analisis fisikokimia. Konsumen mungkin merasakan rasa yang kurang manis seiring meningkatnya konsentrasi ekstrak kacang hijau, yang sedikit memengaruhi keseimbangan persepsi antara rasa manis dan asam.

Mutu tekstur menunjukkan peningkatan yang signifikan dengan penambahan ekstrak kacang hijau, dengan skor F0 sebesar 2,17 dan skor F3 sebesar 3,80. Peningkatan yang mencolok ini menunjukkan bahwa ekstrak kacang hijau memiliki pengaruh positif pada tekstur yogurt, khususnya pada sensasi di mulut. Polisakarida dalam kacang hijau dapat meningkatkan viskositas dan kelembutan yogurt, sehingga memperbaiki tekstur keseluruhan<sup>51</sup>. Peningkatan tekstur ini sangat penting untuk kepuasan konsumen, karena tekstur adalah salah satu faktor utama yang menentukan penerimaan yogurt. Peningkatan tekstur yang signifikan dari F0 ke F3 menunjukkan bahwa ekstrak kacang hijau memiliki efek positif pada kualitas fisik yogurt susu kambing, sehingga lebih disukai oleh konsumen. Efek pengental dari ekstrak kacang hijau kemungkinan mengimbangi penurunan kandungan lemak yang diamati

dalam analisis fisikokimia, yang biasanya memengaruhi kelembutan dan sensasi di mulut yogurt. Penemuan ini menyoroti potensi ekstrak kacang hijau sebagai bahan fungsional yang meningkatkan tekstur produk susu yang diperkaya.

Hasil uji mutu hedonik mengungkapkan beberapa tren penting terkait karakteristik sensoris yogurt susu kambing yang diperkaya dengan ekstrak kacang hijau. Peningkatan yang paling signifikan terjadi pada tekstur, di mana penambahan ekstrak kacang hijau secara substansial meningkatkan sensasi kelembutan yogurt di mulut. Peningkatan ini konsisten dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan sifat pengental polisakarida berbasis tanaman dalam formulasi yogurt<sup>51</sup>. Peningkatan tekstur ini kemungkinan memiliki dampak positif pada penerimaan konsumen secara keseluruhan, karena berkontribusi pada pengalaman makan yang lebih lembut dan menyenangkan.

Skor yang konsisten untuk keasaman dan aroma fermentasi menunjukkan bahwa proses fermentasi tetap stabil di semua formulasi, bahkan dengan penambahan ekstrak kacang hijau. Hal ini merupakan hasil yang positif, karena menunjukkan bahwa fortifikasi tidak mengganggu proses fermentasi alami atau memperkenalkan rasa atau bau yang tidak diinginkan. Penurunan sedikit pada rasa manis mencerminkan peningkatan aktivitas fermentasi akibat penambahan ekstrak kacang hijau, yang

menyediakan substrat tambahan bagi BAL. Meskipun skor warna sedikit menurun dengan peningkatan ekstrak kacang hijau, skor aroma dan rasa yang relatif stabil menunjukkan bahwa ekstrak kacang hijau tidak memperkenalkan rasa asing atau bau yang menyengat. Peningkatan aroma susu spesifik menunjukkan bahwa ekstrak kacang hijau bahkan dapat meningkatkan aroma alami yogurt susu kambing, yang dapat memberikan manfaat bagi persepsi konsumen.

Dari perspektif praktis, hasil uji mutu hedonik menunjukkan bahwa ekstrak kacang hijau dapat berhasil diintegrasikan ke dalam yogurt susu kambing untuk meningkatkan tekstur tanpa secara negatif memengaruhi atribut sensoris utama lainnya. Peningkatan tekstur ini sangat penting, karena mengatasi salah satu tantangan sensoris utama dalam yogurt rendah lemak atau yang difortifikasi. Temuan ini signifikan bagi industri susu, karena menunjukkan potensi ekstrak kacang hijau untuk meningkatkan daya tarik sensoris produk susu fungsional. Penurunan skor rasa manis dan warna menunjukkan bahwa konsentrasi ekstrak kacang hijau yang lebih tinggi mungkin memerlukan penyesuaian formulasi, seperti penambahan pemanis alami atau penguat warna, untuk mempertahankan kualitas sensoris yang optimal. Namun, profil sensoris keseluruhan yogurt tetap menguntungkan, tanpa dampak negatif yang signifikan pada aroma, rasa, atau keasaman.

**Tabel 3.** Perbandingan nilai efektif (NE) dan nilai produktivitas (NP) untuk setiap formula yogurt susu kambing yang diperkaya dengan ekstrak kacang hijau

Parameter	Bobot	Formula							
		F0		F1		F2		F3	
		NE	NP	NE	NP	NE	NP	NE	NP
pH	0,3	0,000	0,000	0,636	0,191	0,788	0,236	1,000	0,300
Bakteri Asam Laktat	0,5	0,000	0,000	1,000	0,500	0,782	0,391	0,709	0,355
Mutu Tekstur	0,2	0,000	0,000	0,988	0,198	0,982	0,196	1,000	0,200
Total	1		0,000		0,888		0,824		0,855

NE : Nilai Efektif; NP : Nilai Produktivitas

Tabel 3 menyajikan analisis perbandingan nilai efektif (NE) dan nilai produktivitas (NP) untuk parameter utama—pH, jumlah bakteri asam laktat (BAL), dan kualitas tekstur secara hedonik—pada berbagai formulasi yogurt susu kambing yang diperkaya dengan ekstrak kacang hijau. Metode De Garmo digunakan untuk menentukan formula terbaik. Hasil menunjukkan bahwa Formula F1 mencapai nilai tertimbang total tertinggi (0,888), melampaui formula lain (F0, F2, dan F3). Secara spesifik, untuk jumlah BAL, Formula F1 memperoleh NE sebesar 1,000, memberikan kontribusi NP maksimum sebesar 0,500, sedangkan Formula F0 memiliki kinerja BAL terendah (NE = 0,000). Untuk pH, Formula F3 memiliki NE tertinggi sebesar 1,000 dengan NP sebesar 0,300, yang menunjukkan pH lebih tinggi dibandingkan formula lainnya. Kualitas tekstur, yang diukur melalui evaluasi hedonik, menunjukkan bahwa Formula F3 merupakan yang terbaik dalam kategori ini (NE = 1,000, NP = 0,200), sedangkan kontrol (F0) memiliki kinerja terendah pada semua parameter yang diukur.

Metode De Garmo memungkinkan evaluasi multifaset pada formulasi yogurt, dengan menyeimbangkan atribut fungsional dan sensori. Formula F1, dengan kombinasi optimal pH, jumlah BAL, dan tekstur, muncul sebagai formulasi terbaik, menekankan pentingnya keseimbangan antara aktivitas mikrobiologis dan kualitas sensori. Temuan ini didukung oleh penelitian sebelumnya tentang produksi yogurt, di mana pH dan jumlah BAL sangat penting untuk fermentasi dan efektivitas probiotik<sup>49</sup>. Jumlah BAL yang tinggi pada Formula F1 sejalan dengan temuan Yacoub, yang menunjukkan bahwa penambahan ekstrak berbasis tanaman seperti kacang hijau dapat meningkatkan proliferasi BAL, sehingga meningkatkan potensi probiotik yogurt<sup>50</sup>.

pH yang lebih rendah pada Formula F1 dan F2 menunjukkan tingkat keasaman yang lebih tinggi akibat fermentasi BAL, yang konsisten dengan peran BAL dalam produksi yogurt. Fermentasi BAL menghasilkan asam laktat, yang menurunkan pH, meningkatkan tekstur

yogurt, dan memperpanjang umur simpannya<sup>42</sup>. Tren ini juga didukung oleh Michael et al., yang menunjukkan bahwa aditif berbasis tanaman dapat meningkatkan aktivitas mikroba, menghasilkan produksi asam yang lebih tinggi, serta meningkatkan tekstur, seperti yang terlihat pada evaluasi hedonik tekstur di Formula F1<sup>26</sup>. Sebaliknya, sampel kontrol (F0) yang tidak mengandung ekstrak kacang hijau secara konsisten menunjukkan hasil yang lebih rendah, menekankan dampak positif ekstrak kacang hijau terhadap sifat fungsional dan sensoris yogurt. Jumlah BAL yang lebih rendah dan pH yang lebih tinggi pada F0 menunjukkan proses fermentasi yang kurang efisien dibandingkan dengan formulasi yang diperkaya.

Temuan ini menyoroti nilai metode De Garmo dalam mengoptimalkan formulasi makanan yang kompleks. Dengan mengintegrasikan faktor mikrobiologis dan sensoris, metode ini memastikan bahwa formula yang dipilih menawarkan kinerja terbaik secara keseluruhan. Hasil superior Formula F1 menunjukkan bahwa jumlah sedang ekstrak kacang hijau mendukung pertumbuhan BAL dan meningkatkan tekstur serta kualitas keseluruhan yogurt. Dengan preferensi konsumen yang bergeser ke arah makanan fungsional, penggunaan ekstrak kacang hijau pada yogurt susu kambing mewakili strategi menjanjikan untuk meningkatkan manfaat kesehatan dan daya tarik sensoris<sup>32</sup>. Implikasi praktis dari penelitian ini signifikan bagi industri susu, khususnya dalam pengembangan produk yogurt fungsional. Kinerja seimbang Formula F1, yang tercermin dari jumlah BAL yang tinggi dan tekstur yang baik, menjadikannya kandidat yang cocok untuk produksi komersial, memenuhi kebutuhan konsumen yang sadar kesehatan akan produk susu kaya probiotik. Selain itu, kemampuan ekstrak kacang hijau untuk memengaruhi fermentasi secara positif tanpa mengorbankan kualitas sensoris menunjukkan potensinya sebagai bahan yang berharga dalam formulasi yogurt masa depan. Metode De Garmo secara efektif mengidentifikasi Formula F1 sebagai formulasi yogurt optimal, menawarkan keseimbangan terbaik antara pH, jumlah BAL, dan kualitas tekstur. Hasil ini menekankan pentingnya fortifikasi berbasis tanaman dalam meningkatkan karakteristik fungsional dan sensoris yogurt susu kambing, memberikan kerangka kerja untuk pengembangan produk di masa depan.

Penelitian ini menawarkan beberapa keunggulan, termasuk peningkatan profil gizi yogurt susu kambing melalui penambahan ekstrak kacang hijau, yang meningkatkan pertumbuhan probiotik, menambah senyawa bioaktif, dan meningkatkan karakteristik sensoris secara keseluruhan, khususnya dalam menyeimbangkan rasa khas "kambing". Selain itu, formulasi dengan 15% ekstrak kacang hijau mencapai keseimbangan optimal antara keasaman, tekstur, dan kandungan probiotik, menjadikannya produk makanan fungsional yang menjanjikan. Penurunan kandungan lemak akibat penambahan ekstrak kacang hijau juga dapat bermanfaat bagi konsumen yang mencari pilihan rendah lemak, sesuai dengan permintaan yang meningkat untuk pilihan makanan yang lebih sehat. Namun, ada beberapa keterbatasan. Penambahan ekstrak kacang hijau menyebabkan perubahan warna yang mencolok, yang mungkin memengaruhi daya tarik konsumen. Studi

selanjutnya perlu mengatasi keterbatasan ini dengan mengeksplorasi cara untuk menjaga kualitas sensoris dan integritas zat gizi yogurt, mungkin dengan mengoptimalkan rasio formulasi atau menggabungkan pewarna alami.

## KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa fortifikasi yogurt susu kambing dengan ekstrak kacang hijau secara signifikan memengaruhi sifat fisikokimia dan sensorisnya. Rasio susu kambing dan ekstrak kacang hijau 85:15 (F1) terbukti sebagai formulasi optimal yang mencapai keseimbangan terbaik antara pH, tekstur, dan jumlah bakteri asam laktat dibandingkan formulasi lain yang diuji. Formulasi ini menghasilkan tekstur yang lembut, tingkat keasaman yang dapat diterima, dan aktivitas mikroba yang meningkat, menjadikannya paling sesuai untuk diterima oleh konsumen. Penerapan metode De Garmo mengonfirmasi bahwa F1 merupakan formula dengan kinerja terbaik, menunjukkan kualitas keseluruhan tertinggi di antara formulasi lainnya. Temuan ini menunjukkan bahwa ekstrak kacang hijau dapat secara efektif meningkatkan atribut zat gizi dan fungsional yogurt susu kambing tanpa mengurangi daya tarik sensorisnya.

## ACKNOWLEDGEMENT

Para penulis mengucapkan terima kasih kepada LPPM Universitas Negeri Medan atas dukungannya dalam bentuk pendanaan sehingga penelitian ini dapat diselesaikan. Ucapan terima kasih khusus juga ditujukan kepada Magdalena Sinaga, Widya Aryanto, Khairunnisa Dwi Febriani, dan Eka Ananta Tarigan atas bantuan mereka yang tak ternilai dalam proses produksi yogurt.

## KONFLIK KEPENTINGAN DAN SUMBER PENDANAAN

Semua penulis menyatakan tidak memiliki konflik kepentingan dalam artikel ini. Penelitian ini didanai oleh Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Negeri Medan (UNIMED) melalui skema hibah penelitian dasar dengan nomor 0145/UN33.8/PPKM/PD/2024.

## KONTRIBUSI PENULIS

HF: konseptualisasi, investigasi, metodologi, supervisi, penulisan-draf awal, penulisan-tinjauan, dan penyuntingan; RR: metodologi, visualisasi, penulisan-draf awal, penulisan-tinjauan, dan penyuntingan; IAS: metodologi, analisis formal, kurasi data, penulisan-draf awal; ZNH: analisis formal, penulisan-draf awal, penulisan-tinjauan, dan penyuntingan.

## REFERENSI

1. Elena, H., George, B., Vlasios, G., Eleni, A., Vassilis, G. & Ioannis P.G. Functional stability of goats' milk yoghurt supplemented with Pistacia atlantica resin extracts and Saccharomyces boulardii. *Int J Dairy Technol.* 73, 134–143 (2019). <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12629>.

2. Patel, A., Bariya, A., Patel, V. & Gamit, K. Evaluation of different quality parameters of goat milk yoghurt developed using selected lactic acid bacteria. *Asian Journal of Dairy and Food Research*. 36, (2017). <https://doi.org/10.18805/ajdfr.DR-1226>.
3. Young, W.P., Jolethia, O., Saeed, A.H., Sulaiman, O.A., Rabin, G. & Salam, A.I. Impact of different gums on textural and microbial properties of goat milk yogurts during refrigerated storage. *Foods*. 8, 169-175 (2019). <https://doi.org/10.3390/foods8050169>.
4. Nafila, F., Een, S. & Debby, M.S. The effects of the addition of banana puree to the total number of total probiotic bacteria, pH value and organoleptic characteristics of the synbiotic yoghurt made from goat milk and banana puree. *Journal of Industrial and Information Technology in Agriculture* 2, 12-21 (2018). <https://doi.org/10.24198/jiita.v2i1.17649>.
5. Popescu, L., Bulgaru, V. & Siminiuc, R. Effects of lactose hydrolysis and milk type on the quality of lactose-free yoghurt. *Journal of Engineering Science*. 29, 164–175 (2023). [https://doi.org/10.52326/jes.utm.2022.29\(4\).13](https://doi.org/10.52326/jes.utm.2022.29(4).13).
6. Guowei, S., Chunju, B., He, C., Changfeng, W. & Hui Y. Fermentation optimization of goat milk with *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium bifidum* by Box-Behnken design. *Acta Sci Pol Technol Aliment*. 15, 151–159 (2016). <https://doi.org/10.17306/J.AFS.2016.2.15>.
7. Costa, M. P., Balthazar, C.F., Franco, R.M., Marsico, E.T., Cruz, A.G. & Junior, C.A.C. Changes on expected taste perception of probiotic and conventional yogurts made from goat milk after rapidly repeated exposure. *J Dairy Sci*. 97, 2610–2618 (2014). <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7617>.
8. Kalliopi, M., Eleni, S., Ronan, L., Maria, D., Constantina, N. & Ioannis, Z. Evaluation of sensory and in vitro anti-thrombotic properties of traditional greek yogurts derived from different types of milk. *Heliyon*. 3, 1-18 (2017). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2016.e00227>.
9. Ranadheera, C. S., Evans, C.A., Baines, S.K., Celso, F.B., Adriano, G.C., Erick, A.E., Monica, Q.F., Tatiana, C.P., Wittwer, A.E., Naumovski, N., Juliana, S.G., Anderson, S.S., Ajlouni, S., & Vasiljevic, T. Probiotics in goat milk products: delivery capacity and ability to improve sensory attributes. *Compr Rev Food Sci Food Saf*. 18, 867–882 (2019). <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12447>.
10. Yaling, Y., Ruyue, Z., Fuxin, Z., Bini, W. & Yufang, L. Storage stability of texture, organoleptic, and biological properties of goat milk yogurt fermented with probiotic bacteria. *Front Nutr*. 9, 1-14 (2023). <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.1093654>.
11. Novina, R., Maimun, S., Darmawi, Indra, Z., Rinaldi, I. & Muhammad, Y. In vitro – the potential of bioinhibition of yogurt from etawa goat's milk toward the growth of *Streptococcus pyogenes* bacteria. *Maced J Med Sci*. 11, 216–220 (2023). <https://doi.org/10.3889/oamjms.2023.10180>.
12. Dahiya, P.K., Linnemann, A.R., Van Boekel, M.A.J.S., Khetarpaul, N., Grewal, R.B. & Nout, M.J.R. Mung bean: technological and nutritional potential. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 55, 670–688 (2014). <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.671202>.
13. Ren-You, G., Ming-Fu, W., Wing-Yee, L., Kao, W. & Harold, C. Dynamic changes in phytochemical composition and antioxidant capacity in green and black mung bean (*Vigna radiata*) sprouts. *Int J Food Sci Technol*. 51, 2090–2098 (2016). <https://doi.org/10.1111/ijfs.13185>.
14. Yanyan, L., Xiaoxiao, C., & Xinbo, G. Dynamic changes of ascorbic acid, phenolics biosynthesis and antioxidant activities in mung beans (*Vigna radiata*) until maturation. *Plants*. 8, 75-88 (2019). <https://doi.org/10.3390/plants8030075>.
15. Shu, Z., Yu-Chao, F., Tian-Xin, F., Ya-Nan, S., Jing-Jing, D. & Chang-Yuan, W. Effect of processing on the phenolics content and antioxidant properties of mung bean. *Cereal Chem*. 98, 355–366 (2020). <https://doi.org/10.1002/cche.10375>.
16. Feng, K., Yue, L. Yuping, Z., Qinghua, Z. & Xingfeng, G. Elucidation of the potential antioxidant compound and mechanism of mung bean using network pharmacology and in vitro anti-oxidative activity. *Front Sustain Food Sci*. 6, 1-8 (2022). <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.1000916>.
17. Dongyan, T., Yinmao, D., Hankun, R., Li, L., & Congfen, H. A review of phytochemistry, metabolite changes, and medicinal uses of the common food mung bean and its sprouts (*Vigna radiata*). *Chem Cent J*. 8, 1-9 (2014). <https://doi.org/10.1186/1752-153X-8-4>.
18. Swee, K.Y., Boon, K.B. Norlaily, M.A., Hamidah, M.Y., Wan, Y.H., Soo, P.K., Noorjahan, B.A. & Kamariah, L. In vivo antistress and antioxidant effects of fermented and germinated mung bean. *Biomed Res Int*. 2014, 1–6 (2014). <https://doi.org/10.1155/2014/694842>.
19. Solveig, A.C., Nida, I.S., Ashlesha, D., Amanda, E.C. & Shailaja, S.P. Food subsidies, nutrition transition, and dietary patterns in a remote Indian district. *Glob Food Sec*. 29, 1-8 (2021). <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2021.100506>.
20. Mahardika, D. P., Santoso, Aji, M., Maziya, Zidny, Anjani, Rahmawati, D., Hikmah, Rowihatunnufus, A., Nurbaya & Ramadhani, S. The effect of biocule starter concentration on organoleptic tests in the process of manufacturing yoghurt. in *Ketahanan Pangan Lokal Melalui Rekayasa Teknologi Budidaya Tanaman dan Pengolahan Pangan* (eds. Sutarman & Saidi, I. A.) (UMSIDA PRESS, 2024).
21. Liston, Sihombing, J. M. & Berutu, K. M. Evaluation of pH quality and water capacity of yogurt of etawa goat milk (*Capra aegagrus hircus*) with the addition of mangga golek fruit juice. *Jurnal Peternakan Integratif*. 11, 126–133 (2023). <https://doi.org/10.32734/jpi.v11i3.15110>.

22. BSN. SNI 2981:2009 Yogurt. (2009).
23. Winarsi, H., Agustia, F.C., Ramadhan, G.R., Zaki, I., Putri, W.A.K., Sulistyning, A.R., Farida, F. & Sari, H.P. Polyphenol rich mung bean (*Vigna radiata*) yogurt for obesity prevention. *Food Res* 5, 136–143 (2021). [https://doi.org/10.26656/fr.2017.5\(2\).500](https://doi.org/10.26656/fr.2017.5(2).500).
24. Preetinder, K., Ruchika, Z., Ritika, M., Param, P.S., Tarsem, S.D., Amrit, K. Development and standardization of processing technique for ready-to-use lab fermented kanji mix using refractance window dried black carrot powder. *Sci Rep.* 13, 185-195 (2023). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-27450-5>.
25. Olusola, L. & Sarah, O. Fermented milk products from different milk types. *Food Nutr Sci.* 05, 1228–1233 (2014). <https://doi.org/10.4236/fns.2014.513133>.
26. Minto, M., Randall, K.P. & Karen, A.S. Plant extract enhances the viability of *Lactobacillus delbrueckii* Subsp. *Bulgaricus* and *Lactobacillus acidophilus* in probiotic nonfat yogurt. *Food Sci Nutr.* 3, 48–55 (2014). <https://doi.org/10.1002/fsn3.189>.
27. Makwin, D.M., Jibril, E.O. & Salmat, M.S. Molecular identification of lactic acid bacteria isolated from fermented rice. *AROC in Agric.* 2, 06–11 (2022). <https://doi.org/10.53858/arocagr02010611>.
28. Winston, J.C., Cecilia, J.B. Nutritional content and health profile of non-dairy plant-based yogurt alternatives. *Nutrients.* 13, 4069-4081 (2021). <https://doi.org/10.3390/nu13114069>.
29. Miriam, M., Manuel, O., Rafael, G., Triana, B., Maria, D.R., Carmen, C., Reyes, A. & Miguel, N. Ultrafiltration of skimmed goat milk increases its nutritional value by concentrating nonfat solids such as proteins, Ca, P, Mg, and Zn. *J Dairy Sci.* 98, 7628–7634 (2015). <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9939>.
30. Assan, O., Shukhrat, V., Raushan, M., Dinara, T. & Raushan, T. A study of the physico-chemical composition and technological properties of sheep and goat milk (ShGM) depending on the breed of the animal. *Eureka Life Sciences.* 29–38 (2022). <https://doi.org/10.21303/2504-5695.2022.002606>.
31. Saleem, M. et al. Development of functional yogurt by using freeze-drying on soybean and mung bean peel powders. *Front Sustain Food Syst* 7, (2023). <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1083389>.
32. Marion, P.C., Maria, L.G.M., Beatriz, S.F., Vitor, L.M.S., Bruna, L.R., Claudete, C.J.C & Carlos, A.C. Consumer perception, health information, and instrumental parameters of cupuassu (*Theobroma grandiflorum*) goat milk yogurts. *J Dairy Sci.* 100, 157–168 (2017). <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11315>.
33. Norlaili, M.A., Hamidah, M.Y., Kamariah, L., Swee, K.Y., Wan, Y.H., Boon, K.B., Soo, P.K., Mohd, P.A. & Noorjahan, B.A. Antioxidant and hepatoprotective effect of aqueous extract of germinated and fermented mung bean on ethanol-mediated liver damage. *Biomed Res Int.* 2013, 1–9 (2013). <https://doi.org/10.1155/2013/693613>.
34. Marion, P.C., Beatriz, S.F., Bruna, R.L., Adriana, C.O.S. & Carlos, A.C. Effect of different fat replacers on the physicochemical and instrumental analysis of low-fat cupuassu goat milk yogurts. *Journal of Dairy Research.* 83, 493–496 (2016). <https://doi.org/10.1017/S0022029916000674>.
35. Ruvini, L., Chathuranga, K., Rizliya, V., Chathuni, J., Pabodha, W., Ruksheela, B., Barana, C.J. & Janak, V. Hypolipidemic and hypoglycemic potential of raw, boiled, and sprouted mung beans (*Vigna radiata* L. wilczek) in rats. *J Food Biochem.* 42, e12457 (2017). <https://doi.org/10.1111/jfbc.12457>.
36. Tatik, K., Rahmaulidin, F., Yuningtyas, S. & Sulistiani. Chemical properties of vegetable yogurt with addition of amyloproteolytic enzyme *Lactobacillus fermentum* EN17-2 on storage time. *IOP Conf Ser Earth Environ Sci.* 1200, 1-8 (2023). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1200/1/012019>.
37. Marion, P.C., Beatriz, S.F., Adriana, C.O.S., Monica, Q.F., Robson, M.F. & Carlos, A.C. Cupuassu (*Theobroma grandiflorum*) pulp, probiotic, and prebiotic: influence on color, apparent viscosity, and texture of goat milk yogurts. *J Dairy Sci.* 98, 5995–6003 (2015). <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9738>.
38. Hammam, A. R. A., Salman, S. M., Elfaruk, M. S. & Alsaleem, K.A. Goat milk: compositional, technological, nutritional, and therapeutic aspects: a review. *Asian Journal of Dairy and Food Research.* 41, 367-376 (2022). <https://doi.org/10.20944/preprints202108.0097.v1>.
39. Xinyue, X., Huaitian, C., Zhiheng, Y., Jiaxin, X., Jun, L., Jun, L., He, L. & Danshi, Z. Effects of different combinations of probiotics on rheology, microstructure, and moisture distribution of soy materials-based yogurt. *J Food Sci.* 87, 2820–2830 (2022). <https://doi.org/10.1111/1750-3841.16204>.
40. Shabboo, A. & Ahmad, S.H.B. Green tea yogurt: major phenolic compounds and microbial growth. *J Food Sci Technol.* 52, 4652–4660 (2014). <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1670-6>.
41. Shunkeyeva, A., Alimardanova, M. & Albertovich, M. A. Chemical composition, texture and sensory evaluation of yogurts supplemented with amaranth flour. *Am J Anim Vet Sci.* 16, 136–143 (2021). <https://doi.org/10.3844/ajavsp.2021.136.143>.
42. Diana, D.S., Giuseppina, G., Giulia, C. & Maria, T.F. Improvement of the sensory characteristics of goat milk yogurt. *J Food Sci.* 84, 2289–2296 (2019). <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14692>.

43. Maija, M., Taru, S., Kati, K., Alissa, N.A., Amanda, G.K., Laila, S. & Riitta, P. Physicochemical properties and mouthfeel in commercial plant-based yogurts. *Foods*. 11, 941-955 (2022). <https://doi.org/10.3390/foods11070941>.
44. Caroloina, A.C., Paula, M.V., Ramiro, N.C. & Adriana, N.R. Chemical characterization, texture and consumer acceptability of yogurts supplemented with quinoa flour. *Food Science and Technology*. 37, 627–631 (2017). <https://doi.org/10.1590/1678-457X.27716>.
45. Lutfiye, Y. & Esra, T. Evaluation of instrumental and sensory measurements using multivariate analysis in probiotic yogurt enriched with almond milk. *J Food Sci Technol*. 59, 133–143 (2021). <https://doi.org/10.1007/s13197-021-04994-w>.
46. Da-Hee, K., Won-Young, C., Su-Jung, Y., Sung-Hee, C & Chi-Ho, L. Effects of lotus (*Nelumbo nucifera*) leaf on quality and antioxidant activity of yogurt during refrigerated storage. *Food Sci Anim Resour*. 39, 792–803 (2019). <https://doi.org/10.5851/kosfa.2019.e69>.
47. Hanyu, Z., Zheng, C., Geqing, L., Xiaoqian, Y. Yujing, H. & Wenxia, Z. Physicochemical, sensory, and antioxidant characteristics of stirred-type yogurt enriched with *Lentinula edodes* stipe powder. *Food Sci Nutr*. 11, 6231–6240 (2023). <https://doi.org/10.1002/fsn3.3563>.
48. Dias, P.G.I., Sajiwani, J. W. A. & Rathnayaka, R. M. U. S. K. Consumer perception and sensory profile of probiotic yogurt with added sugar and reduced milk fat. *Heliyon*. 6, 1-7 (2020). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04328>.
49. Anna, M., Dorota, Z. & Malgorzata, Z. Probiotic monocultures in fermented goat milk beverages – sensory quality of final product. *Int J Dairy Technol*. 72, 240–247 (2019). <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12576>.
50. Sameh, Y., Mai, G., Ahmed, H., Sameh A. Improving the quality and sensory properties of drinkable yogurt made from goat and sheep milk with date puree. *Alexandria Science Exchange Journal*. 45, 35–45 (2024). <https://doi.org/10.21608/asejaiqjsae.2024.340220>.
51. Garyfallia, K., Rosario, M., Gloria, P., Cristina, S.G., Juan, L., Samuel, C., Marie, G., Giovanna, B., Jose, P., Consolacion, M., Pilar, A., Maria, L., & Jesus, M.P. Germination improves the polyphenolic profile and functional value of mung bean (*Vigna radiata* L.). *Antioxidants*. 9, 746-767 (2020). <https://doi.org/10.3390/antiox9080746>.